



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 94190164.5

[51] Int. Cl<sup>6</sup>

G02B 6/24

[43] 公开日 1995 年 8 月 16 日

[22] 申请日 94.3.31

[30] 优先权

[32] 93.3.31 [33] JP[31]95177 / 93

[32] 93.7.23 [33] JP[31]202014 / 93

[32] 94.1.12 [33] JP[31]13105 / 94

[32] 94.1.18 [33] JP[31]16922 / 94

[32] 94.1.20 [33] JP[31]18821 / 94

[32] 94.1.20 [33] JP[31]18824 / 94

[32] 94.1.20 [33] JP[31]18843 / 94

[86] 国际申请 PCT / JP94 / 00532 94.3.31

[87] 国际公布 WO94 / 23318 日 94.10.13

[85] 进入国家阶段日期 94.11.30

[71] 申请人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府大阪市

[72] 发明人 柿井俊昭 石田英敏

小川信二 宫部一道

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所

代理人 王以平

G02B 6/40 G02B 6/42

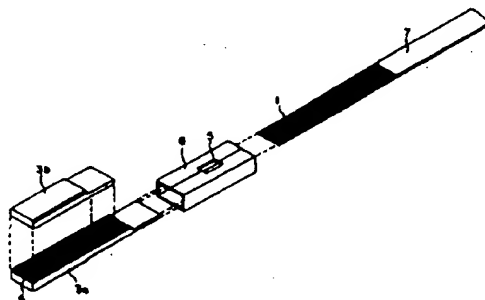
说明书页数:

附图页数:

[54] 发明名称 光纤阵列

[57] 摘要

本发明的光纤阵列具有要与其他光路相耦合的光耦合端面, 此端面上排列着多根光纤的一端。该光纤阵列具有下板 (39) 和上板 (36), 下板上形成许多用于将从芯线部前端露出的光纤定位的 V 形槽, 上板用于把排列在 V 形槽 (4) 内的各条光纤 (1) 压入槽内。并且, 各光纤线路用耐热性粘合剂 (10) 芯线部 (7) 和光纤 (1) 的边界部固定到上、下板之间, 从该边界部用焊料 (6) 把前端一侧的各条光纤固定成密封状态。



(BJ) 第 1456 号

## 权 利 要 求

1. 一种光纤阵列, 具有应与其他光路进行光耦合连接的光耦合端面, 在该光耦合端面上排列多根光纤的一端, 该光纤阵列的特征在于:

备有第 1 板和第 2 板, 第 1 板具有多条定位沟槽, 用于对从芯线部分前端露出的光纤进行定位; 第 2 板把排列在上述第 1 板各定位槽内的上述各条光纤压入到该定位槽内,

上述各光纤线路在上述芯线部分和上述光纤边界部分利用耐热性粘合剂固定到上述第 1 板和上述第 2 板之间, 从上述边界部分把前端的上述各光纤用焊料以密封状态固定到上述第 1 板和第 2 板之间。

2. 按权利要求 1 所述的光纤阵列, 其特征在于: 备有套在夹持上述光纤的上述第 1 板和第 2 板的外周的套管,

该套管用焊料以气密封状态固定在第 1 板和第 2 板的外周。

3. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述套管在与上述耐热性粘合剂和上述焊料的边界部分相对应的部位上备有穿通窗口。

4. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述套管的一个端面与上述光耦合端面在同一平面上。

5. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述光耦合端面比上述套管的一个端面突出。

6. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 夹持上述光纤的上述第 1 板和第 2 板互相分开设置, 在第 1 板和第 2 板之间填充上述焊料。

7. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述套管在相对于上述第 2 板的部位上备有开口部, 通过开口部把上述第 2 板压到上述第 1 板一侧。

8. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述焊料是  $Pb-Sn$  合金, 而且至少从  $Zn$ 、 $Sb$ 、 $Al$ 、 $Ti$ 、 $Si$ 、 $Cu$  中选择一种作为添加材料。

9. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述光纤是有碳层的光纤。

10. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述套管由  $Ni-Fe$  殷钢合金制成。

11. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述第 1 板和第 2 板利用阳极结合法连接成一个整体。

12. 按权利要求 2 所述的光纤阵列, 其特征在于: 排列在上述光耦合端面上的上述光纤方式字段直径在端面附近局部增大。

13. 按权利要求 12 所述的光纤阵列, 其特征在于: 上述方式字段直径是通过使残留应力集中在芯区内, 从而使芯区折射率降

低而增大的,至少比消除上述残留应力的状态增大 20% 以上。

14. 一种光纤阵列的制造方法,其特征在于包括如下工序:

1) 把光纤分别放入在第 1 板上形成的定位槽内,然后用第 2 板把各光纤压入该定位槽内;

2) 在夹持上述各光纤的上述第 1 和第 2 板的外周装上法兰盘构件;

3) 将重合在一起的上述第 1 和第 2 板中与上述各光纤端面相邻的一个端面浸入到焊料槽内,把上述法兰盘构件固定到该板外周;

4) 在上述第 3 工序的同时或其前后把上述焊料槽内的焊料填充到上述第 1 和第 2 板之间;以及

5) 研磨上述第 1 和第 2 板的一个端面,使上述各光纤的端面达到镜面状态。

15. 按权利要求 14 所述的光纤阵列的制造方法,其特征在于:在上述第 4 工序中利用超声波振动,从上述第 2 和第 2 板的一端注入上述焊料。

16. 一种并行传输多个光信号的并行传输模块,其特征在于包括:

模块主体,它具有分别传输上述各光信号的多个光传输系统;

具有多根光纤的光纤阵列,它设置在上述模块主体中的上述传输系统的一端,而且与模块主体固定成一个整体,分别与上述各光传输系统进行光耦合;

光纤导向定位机构,它位于和上述各光传输系统进行光耦合的一侧的对面,把其他光连接器结合到上述光纤阵列的光耦合端面上。

17. 按权利要求 16 所述的并行传输模块,其特征在于:上述各光传输系统分别与上述光纤阵列的各光纤进行光耦合,其构成包括发光和受光元件以及与光元件相对应的电路元件,而且以阵列状排列在上述模块主体内。

18. 按权利要求 16 所述的并行传输模块,其特征在于:上述模块主体备有由多个发光元件排列而成的发光元件阵列和排列在上述发光元件阵列的邻接处的由多个受光元件排列而成的受光元件阵列;

上述各光传输系统结构中包含构成上述发光元件阵列的上述发光元件和构成上述受光元件阵列的上述受光元件中的某一种光元件;

这些光传输系统分别与上述光纤阵列的各光纤进行光耦合。

19. 按权利要求 16 所述的并行传输模块,其特征在于:上述模块主体由波导基板构成,上述光传输系统是在该波导基板上形成的多个光波导。

20. 按权利要求 16 所述的并行传输模块,其特征在于:上述导向定位机构是将应当与上述光纤阵列的光耦合端面相结合的上  
述其他光连接器定位的导向销钉。

21. 按权利要求 20 所述的并行传输模块, 其特征在于: 还具有保持应结合的上述其他光连接器的外壳。

22. 按权利要求 16 所述的并行传输模块, 其特征在于: 上述定位导向机构是用于插入应当与上述光纤阵列的光耦合面相结合的、上述其他光连接器具有的导向销钉。

23. 按权利要求 22 所述的并行传输模块, 其特征在于: 具有保持应结合的上述其他光连接器的外壳。

24. 按权利要求 20 所述的并行传输模块, 其特征在于上述光纤阵列具有以下结构部分:

用于上述光纤定位的多个定位槽的第 1 板;

把排列在上述第 1 板各定位槽内的上述各光纤压入到该定位槽内的第 2 板;

为支持上述导向销钉而设置的支持板, 该支持板向外突出地设置在上述第 1 板的横向两侧, 且长度比第 1 板短;

与上述支持板的一个端面相对接、并且嵌合在夹持上述光纤的上述第 1 和第 2 板周围的法兰盘构件。

25. 按权利要求 24 所述的并行传输模块, 其特征在于: 上述光纤、夹持该光纤的上述第 1 和第 2 板以及上述法兰盘构件, 用粘接固定材料连成一体。

26. 按权利要求 25 所述的并行传输模块, 其特征在于: 在上述第 1 板及其两侧的 上述支持板的邻接部位上连续形成高于第 1

板向上突出的许多凸起部,利用这些凸起部来防止填充到第1板内的上述粘接固定材料向上述支持板一侧流出。

27. 按权利要求 24 所述的并行传输模块,其特征在于:上述并行传输模块具有对上述支持板加弹性压力,并夹持上述导向销钉的夹持构件。

28. 按权利要求 24 所述的并行传输模块,其特征在于:上述光纤阵列中,其他光连接器一侧的光耦合端面在上述第1和第2板的纵向比上述支持板的端面位置突出。

29. 按权利要求 24 所述的并行传输模块,其特征在于:上述光纤阵列中的上述模块主体一侧的光耦合端面,在上述第1和第2板的纵向比上述法兰盘构件的端面位置突出。

30. 按权利要求 25 所述的并行传输模块,其特征在于:上述粘接固定材料是焊料,用焊料把上述光纤固定并密封到上述第1和第2板之间。

31. 按权利要求 30 所述的并行传输模块,其特征在于:上述焊料是 Pb-Sn 合金,其中至少含有 Zn、Sb、Al、Ti、Si、Cu 中的任一种添加物。

32. 按权利要求 31 所述的并行传输模块,其特征在于:上述光纤是包有碳层的光纤。

33. 按权利要求 25 所述的并行传输模块,其特征在于:上述并行传输模块具有套在夹持上述光纤的上述第1和第2板的外周

的套管。

34. 按权利要求 33 所述的并行传输模块, 其特征在于: 上述套管由 Ni-Fe 殷钢合金制成。

35. 按权利要求 24 所述的并行传输模块, 其特征在于: 上述第 1 板和第 2 板利用阳极结合法连接成一个整体。

36. 按权利要求 16 所述的并行传输模块, 其特征在于: 排列在上述光耦合端面上的上述各光纤, 方式字段直径在该端面附近局部增大。

37. 按权利要求 36 所述的并行传输模块, 其特征在于: 上述方式字段直径是通过使残留应力集中在芯区, 从而使该芯区折射率下降而增大的, 至少比消除上述残留应力的状态增大 20% 以上。

38. 并行传输模块的制造方法, 其特征在于包括如下工序:

1) 把光纤分别放入在第 1 板上形成的定位槽内后, 利用第 2 板把各光纤压入该定位槽内;

2) 在夹持上述各光纤的上述第 1 板和第 2 板的外周装上法兰盘构件;

3) 将重合起来的第 1 板和第 2 板中与上述各光纤的端面相邻的一个端面浸入焊料槽内, 把法兰盘构件固定到该板的外周;

4) 在上述第 3 工序的同时或其前后, 把上述焊料槽内的焊料填充到上述第 1 和第 2 板之间, 直至焊料流到第 1 和第 2 板的另



一端为止；

5) 研磨第 1 和第 2 板的两端面, 使上述各光纤的端面达到光亮镜面, 形成光纤阵列；

6) 把上述光纤阵列的一个端面固定到装有多多个光纤传输系统的模块主体的光耦合端面上, 使上述光纤阵列和模块主体成为一个整体, 同时对该光纤阵列的各光纤和上述模块主体的各光传输系统分别进行光耦合。

39. 按权利要求 38 所述的并行传输模块的制造方法, 其特征在于: 在上述第 4 工序中, 利用超声波振动把上述焊料从上述第 1 和第 2 板的一端填充到另一端。

40. 一种连结和拆开光模块的外壳结构, 其特征在于:

具有以下三个外壳部分:

具有第 1 突出部分的第 1 外壳, 它在一端形成终端壁, 在另一端形成开口部, 第 1 突出部向该开口部内侧突出;

将一边的光模块装入并保持在其内部的第 2 外壳, 该第 2 外壳可以滑动地安装到上述第 1 外壳内, 并具有与上述第 1 突出部分相配合固定的第 2 突出部分, 能借助上述第 1 外壳的终端壁和上述第 1 突出部分控制其滑动;

具有在保持另一边的光模块的同时在连结时夹持上述第 2 外壳的夹持部分的第 3 外壳;

上述第 2 外壳还具有能与上述第 3 外壳的夹持部相配合固定

的台阶部分;

上述第3外壳还具有对接部分,该对接部分装在第3外壳的前端部,在第3外壳和上述第1外壳对接时与上述第2外壳对接;

在连接上述两种光模块时,通过将上述第3外壳向上述第1和第2外壳压入,利用第3外壳的对接部分把上述第2外壳压住,上述第2外壳的第2突出部分可越过上述第1外壳的第1突出部分进行位移;

其结果,使第2外壳的滑动不再受限制,而且通过上述夹持部分把上述第2和第3外壳连结成一个整体,

当解除上述各模块的连结时,通过把上述第3外壳从上述第1和第2外壳上拉开,使上述夹持部与上述台阶部结合,在拉开上述第3外壳的同时上述第2外壳移位,上述第2突出部分可越过上述第1外壳的第1突出部分回到初始位置;

其结果,使上述第2壳的滑动受到限制,同时上述第3外壳的夹持部可越过上述第2外壳的台阶部分进行移位,使上述第1和第2外壳与第3外壳互相分离。

41. 按权利要求40所述的外壳结构,其特征在于:上述第1外壳固定在将应连接上述光模块的装置的内部和外部分隔开的隔离板上。

42. 按权利要求40所述的外壳结构,其特征在于:上述第3外壳内所安装的光模块由包含发光元件阵列的第1模块和包含受光

元件的第2模块组成。

43. 按权利要求42所述的外壳结构,其特征在于:上述第3外壳固定在用于控制上述发光元件阵列和受光元件阵列的控制电路元件固定用基板的一端。

44. 按权利要求42所述的外壳结构,其特征在于:上述第3外壳备有散热片。

45. 按权利要求42所述的外壳结构,其特征在于:上述第3外壳备有对从上述发光元件阵列向耦合端面发射的光进行屏蔽的屏蔽板,

当和上述第1和第2外壳内保持的其他光模块进行连结时,在其他光模块的挤压作用下,可使该屏蔽板移动到光路以外。

46. 按权利要求40所述的外壳结构,其特征在于:在上述第1外壳和第3外壳的预定位置上形成互相嵌合的凹部和凸部,

在互相嵌合的凹部和凸部的导引下,连结和拆开上述光模块。

# 说明书

---

## 光纤阵列

本发明涉及与用于光并行传输的激光二极管(LD)阵列及光电二极管(PD)阵列光耦合的光纤阵列、备有这种光纤阵列的并行传输模块、并行传输模块的制造方法以及并行光传输装置内的光模块和外部连接器的连接部分的外壳结构。

近几年提出了这样一种光互连方式,即在大型计算机和大容量交换机等信息设备之间采用多芯光纤线路来代替过去的同轴电缆进行连接。这种光互连的基本方式如图1所示,在设备701和702之间利用由多根光纤组成的光纤线路703进行连接,并行传输光信号。图2示意性地取出其中一部分进行表示。设备701中的并行传输用的光模块704与设备702中的并行传输用的光模块705,分别通过多芯光连接器706和光纤线路703互相连接。

其中,作为多芯光连接器706,已知的有例如对硅(Si)进行腐蚀加工,形成V形沟槽,将光纤夹在沟槽内进行定位的光纤阵列结构(参见1985年10月发行的 *Journal of Lightwave Technology* Vol. LT-3 No. 5, 1159页)。另外,已知的还有在特开平4-86802号公

报中发表的把两个 L 形磁铁对称放置,把光纤夹在中间的光纤阵列结构。

但是,当对激光二极管的光电二极管与光纤阵列调整中心进行固定时,由于采用焊料焊接和 YAG(钇铝石榴石)激光器,所以光纤阵列也将受热传导的作用而加热到 200℃ 以上。因此产生以下问题:即根据零件装置状态不同,可能产生数微米的变形,连接部位受损,或从光纤阵列周围的粘接剂中产生气体,或者结露而影响性能。

再者,如图 3 所示,在光模块 704 上连接带状光纤 703a,而且在其端部安装多芯光连接器 706,构成所谓挠性接头,另外,在石英波导(光合分支、光合波分量、光开关等)的两端,安装带状光纤 703 和多芯光连接器 706,构成所谓跨接形。

但是,并行光传输模块,特别是挠性接口形的模块,在各制造工序上都很难进行光纤带状部分的处理。尤其是光纤带状部分的包皮是由树脂构成的,耐热性差,在模块焊接固定和清洗时都很难操作。另外,跨接形的光纤模块也有同样的缺点:光纤带状部分很难处理,并且当其要装入较小的空间内时会遇到困难。因为,光纤弯曲半径必须保持 30mm 以上,所以使安装空间增大。

另一方面,如图 1、图 2 所示,光传输模块和外部的耦合是通过带状光纤 703a 和多芯光连接器 706 进行的,光连接器 706 与外部其他设备相连接。这种连接形式,由于从基板向外部接线的线端头将形成接点,所以布线容易杂乱,不连接时也会出现一端的连接器

下垂的现象。因此,使用不方便,还可能损伤连接端面。

因此,本发明的目的是为了提供密封性非常良好的光纤阵列及其制造方法。再者,本发明的另一个目的是提供使用方便的并行传输模块以及该并行传输模块的制造方法和外壳结构。

本发明的光纤阵列具有应与其他光路光耦合的光耦合端面,许多根光纤的一端排列在该光耦合端面上,为此备有两块板,第一块板上有对从芯线部分的端头露出的光纤进行定位的多个定位沟槽;第二块板把排列在第一块板的各定位沟槽内的各条光纤按压到定位沟槽内。并且,各光纤线路的结构是利用耐热性粘接剂把芯线部分和光纤的边界部分固定到上述第一块板和第二板之间,而且用焊料从该边界部分把前端一侧的各条光纤固定到第一块板和第二块板之间,使其保持密封状态。

本发明的光纤阵列的制造方法包括以下五个工序:第1个工序是把各条光纤分别放入第一块板上形成的定位沟槽内,用第二块板把各条光纤分别按压到该定位沟槽内。第2个工序是把法兰盘构件嵌合在夹持各条光纤的第一块板和第二块板的外围。第3个工序是把重合在一起的第一块板和第二块板中露出各条光纤的端面的一个端面浸入到焊料槽内,使法兰盘构件固定到该板的外周部分上。第4个工序是在第3个工序的同时或其前后将焊料槽内的焊料填充到第一块和第二块板的间隙内。第5个工序是对第一块和第二块板的一个端面进行研磨,使各条光纤的端面变成光亮的镜面。

本发明的并行传输模块是并行传输各个光信号的传输模块。其结构包括以下几个组成部分：①模块主体，它具有分别传输各个光信号的多个光传输系统。②光纤阵列，它具有多条光纤，分别排列在该模块主体上的光传输系统的一端，而且与该模块主体固定在一起构成一个整体，分别与光传输系统进行光耦合。③导向定位机构，它位于和各光传输系统相连接的一侧的对面，在使其他光连接器与光纤阵列的光耦合端面耦合时能发挥导向定位作用。

本发明的并行传输模块的制造方法包括以下6个工序：第1个工序是将一根根光纤分别放入第一块板上形成的定位构槽内，然后用第二块板把一根根光纤按压到该定位沟槽内。第2个工序是把法兰盘构件嵌合到夹持各根光纤的上述第一块板和第二块板的外周。第3个工序是把重合的第一块板和第二块板中各根光纤端面露出的一个端面浸入焊料槽内，把法兰盘构件固定到该板的外周部分上。第4个工序是在第3个工序的同时或在其前后，把焊料槽内的焊料填充到第一块板和第二块板之间的间隙内，使焊料流到第一块板和第二块板的另一端为止。第5个工序是对第一块板和第二块板的两个端面进行研磨，使各光纤端面变成光亮的镜面，形成光纤阵列。第6个工序是把已研磨的光纤阵列的一个端面固定到具有多个光传输系统的模块主体的光耦合端面上，使光纤阵列和模块主体构成一个整体，同时分别连接该光纤阵列的每根光纤和上述模块主体的各光传输系统。

本发明的外壳结构是进行光模块之间互相连接和拆卸的外壳结构,它具有以下三个外壳部分:第一外壳的一端形成终端壁,另一端形成开口部分,该开口部分具有向其内侧突起的第1突出部分;第2外壳将一边的光模块装入其内部且可以向第一外壳内滑动,并具有与第1突起部分嵌合的第2突起部分,借助第一外壳的终端壁和第1突起部分来限制上述滑动;第3外壳可装入另一边的光模块,同时具有夹持部分,在连结时能夹持住上述第2外壳。第2外壳还具有能与第3外壳夹持部分嵌合的台阶部分。第3外壳还具有与第2外壳相对接的搭接部分,该部分设置在第3外壳的端部,当第3外壳与第1外壳对接时即与第2外壳接触。

并且,当两个光模块相连接时,相对于第1外壳和第2外壳来说,由于第3外壳被压入,所以,第2外壳在第3外壳搭接部的作用下受到压力,第2外壳的第2突起部分越过第1外壳的第1突起部分产生位移,其结果,解除了对第2外壳滑动的限制,而且通过夹持部使第2外壳与第3外壳连结成一个整体。

当解除各光模块之间的连接时,把第3外壳从第1外壳和第2外壳中拉出,夹持部分与台阶部分相连接,在拉出第3外壳的同时,使第2外壳位移,第2突起部分越过第1外壳的第1突起部分,回到最初的位置。其结果,使第2外壳的滑动受到限制,同时第3外壳的夹持部越过第2外壳的台阶部,进行位移。外壳的结构使得能够通过上述动作使第1外壳和第2外壳与第3外壳分离。



图 1 是利用多条光纤线路在大型计算机等信息设备之间进行连接的状态说明图。

图 2 是取出图 1 中的一部分进行详细说明的平面图。

图 3 是现有技术的挠性接头形式的并行传输模块示意图。

图 4 是现有技术的跨接形式的并行传输模块示意图。

图 5 是表示实施例的光纤阵列的分解斜视图。

图 6 是表示图 5 光纤阵列的成品图。

图 7 是表示光纤阵列的纵剖面图。

图 8 是沿图 7 中的 A—A 线的剖面图。

图 9 是表示把光纤阵列固定到激光二极管(LD)模块上的状态的模式图。

图 10A 和图 10B 是表示套管形状的斜视图。

图 11 是表示光纤阵列端部的斜视图。

图 12A—图 12C 是表示构成上、下板的硅片的加工方法的说明图。

图 13 是表示其他光纤阵列端部的斜视图。

图 14A—图 14D 是表示阴极耦合的各光纤阵列中的 V 形沟槽结构示例图。

图 15A 是表示折射率分布型光纤阵列的平面图;图 15B 是其侧面图。

图 16A 是光纤阵列结构的平面图,图 16B 是光纤阵列内部结构

的纵剖面图,图 16C 是光纤阵列的另一种内部结构的纵剖面图。

图 17 是光纤阵列端部结构放大图。

图 18A 是密封光纤阵列的纵剖面图,图 18B 是其端面图,图 18C 是说明一边加超声波振动一边从光纤阵列端部填充焊料的方法的示意图。

图 19A 是表示在光纤阵列端部用焊料等形成凸起部分的状态的纵剖面图,图 19B 是表示把端面研磨成平面状态的端面图。

图 20 是表示光纤阵列与并行传输模块的接合状态的说明图,图 21 是表示先有技术状态的说明图。

图 22A 是表示光纤阵列另一种结构示例的平面图,图 22B 是其纵剖面图,图 22C 是其端部的端面图。

图 23A 是表示把光纤阵列的端部浸入焊料槽内的状态,图 3B 表示在套管上设置台阶部分时的焊料附着状态。

图 24A 是表示光纤阵列的一个结构示例的平面图,图 24B 是其纵剖面图,图 24C 是其端部的端面图。

图 25A 是表示并行传输模块基本结构的纵剖面图,图 25B 是表示并行传输模块和光纤阵列的连接状态的侧面图。

图 26 是具有导向销钉沟槽的光纤阵列的斜视图。

图 27A 是表示利用波导基板来构成并行传输模块的状态的平面图,图 27B 是表示该并行传输模块的连接状态的侧面图。

图 28 是表示利用导向销钉把光纤阵列和石英波导基板连接起

来的状态的平面图。

图 29A—图 29C 是表示导向销钉沟槽密封结构的说明图。

图 30A 是表示光纤阵列和并行传输模块的内部用压紧材料进行固定的状态的平面图,图 30B 是其侧面图。

图 31 是表示装上了金属套管的光纤阵列的斜视图,图 32 是其端部的部分放大端面图。

图 33 是利用独立的上板对光纤进行加压固定的结构的斜视图,图 34 是表示其不同形式示例的斜视图。

图 35A—图 35D 是变换 MFD 的各种结构的说明图。

图 36A 和图 36B 是防止耦合端面反射的结构说明图。

图 37 是采用 MFD 增大的光纤结构的平面图。

图 38—图 46 是按顺序表示并行传输模块制造工序的工序图。

图 47A 是表示下板和支持板的顶视图,图 47B 是其侧视图,图 47C 和图 47D 分别是前端部和后端部的侧视图。

图 48A 是把后端部浸入焊料槽内对法兰盘内部进行密封,同时向前端部充填焊料的状态的顶视图,图 48B 是其侧视图,图 48C 是其前端部的侧视图,图 48D 是其后端部的侧视图。

图 49 是图 48D 的放大图。

图 50A 是继图 48A 之后对两端进行研磨后的状态的顶视图,图 50B 是其侧视图,图 50C 是其前端部的侧视图,图 50D 是其后端部的侧视图。

图 51A 是继 50A 之后装上保护套管的状态的顶视图,图 51B 是其侧视图,图 51C 是其前端部的侧视图,图 51D 是其后端部的侧视图,图 51E 是用金属弹簧等压紧构件来压住插入导向槽销钉沟槽内的导向销钉的状态的纵剖面图。

图 52A 是下板和支持板的另一实施例的顶视图,图 52B 是其侧视图,图 52C 是其前端部的侧视图,图 52D 是其后端部的侧视图。

图 53A 是继图 52A 之后利用从前端部注入的固定材料进行粘接固定的状态的顶视图,图 53B 是其侧视图,图 53C 是前端部的剖面图。

图 54A 是对模块前端部进行研磨后的状态的顶视图,图 54B 是其侧视图,图 54 其前端部的剖面图。

图 55A 是继图 54A 之后安装上导向销钉和保护套管,然后用焊料对后端部加以固定后的状态的顶视图,图 55B 是其侧视图,图 55C 是前端部的剖面图。

图 56 为继图 55A 之后研磨后端面制成的光纤阵列的顶视图,图 56B 是其侧视图,图 56C 是其前端部的剖面图。

图 57 是在下板上设置隔板部分后的状态的模式图,图 58 是隔板部分的另一种形态的模式图。

图 59 是利用夹持器来夹持导向销钉的状态的模式图。

图 60 是导向销钉的不同形状示例的侧视图。

图 61 是说明外部光连接器的耦合端面 and 模块内的耦合端面的

一种状态的顶视图。

图 62A 和图 62B 是说明部分或全部光纤进行 MFD 变换的状态的模式图。

图 63 是外壳结构的斜视图。

图 64 是各外壳连接前的状态的平面图。

图 65 和图 66 是依次表示连接机理的纵剖面图。

图 67 是表示解除机构的纵剖面图。

图 68 是表示在外壳上安装屏板的斜视简图。

图 69 是表示各外壳连接前的状态的平面图。

图 70A—图 70C 是依次表示解除外壳之间锁紧状态的说明图。

图 71 是光纤阵列结构的斜视图。

图 72 是装在外壳内的并行传输模块的组合结构的简图。

图 73 是备有发光用和受光用模块的并行传输模块的主要组合结构的方块图。

图 74 是图 73 中具有的光纤阵列的斜视图。

图 75 是把光纤阵列端面放大的模式图。

图 76A—图 76D 是发光元件和受光元件排列示例的说明图。

图 77 是与二维排列相对应的光纤阵列结构的端面图。

图 78A 和图 78B 是光纤 MFD 放大变换或缩小变换的说明图。

现参照附图说明本发明的实施方案。下列各实施例中所示的光纤阵列等主要用于大型计算机和大容量交换机等信息设备之间的光

互连(参见图 1、图 2)。

### 〈实施例 1〉

图 5 表示本实施例的光纤阵列。该光纤阵列备有在硅片上形成的下板 3a 和上板 3b,许多根光纤 1 置于下板 3a 和上板 3b 之间。光纤 1 从多芯光纤带的芯线部分(有包皮部分)7 中向外延伸。并且,在下板 3a 上形成许多条 V 形沟槽 4(用于对光纤 1 进行定位)。排列在 V 形沟槽内的光纤 1 被上板 3b 压入到 V 形沟槽 4 内。并且,在夹持光纤 1 的下板 3a 和上板 3b 的外部套上一个金属套管 8(图 6)。该套管 8 上备有窗口 5(其功能待以后详述)。

图 7 表示该光纤阵列的固定状态。多芯光纤带是在具有包皮的芯线部 7 和光纤 1 的边界部分附近利用耐热性粘合剂 10 固定在下板 3a 和上板 3b 之间。并且利用焊料 6 把前端部的光纤 1 固定到下板 3a 和上板 3b 之间。这样,通过焊料 6 进行固定,可以确保良好的密封性。再者,如果焊料 6 接触到具有光纤包皮部分的芯线部 7,那么芯线部的包皮将溶解,并产生大量气体。所以最好是在用粘接剂 10 对芯线部 7 和光纤 1 的边界部分附近进行保护后,再用焊料 6 仅对光纤 1 的玻璃部分加以固定。

焊料 6 在加超声波振动的条件下从光纤前端送入。在此之后向芯线部 7 附近填充粘接剂时,由于内侧是密闭的,所以内部会集留空气,不能填满粘接剂。因此,在套管 8 上设置一个窗口(穿通孔),以便在填充粘接剂时使空气能够排出。并且,把设置窗口 5 的位置设计

在光纤 1 露出的部位上。这样可以在光纤 1 的玻璃部分,形成焊料 6 和粘接剂 10 的边界。设置该窗口 5 的另一效果是,由于在该部位的间隙扩大,所以也能作为焊料上升的上限位置。并且,在下板 3a 和上板 3b 之间仅留出很小的间隙就能使焊料很容易地流入间隙内。

但是,由于光纤 1 在固定时受到 200℃ 以上的热作用,所以在光纤表面上迅速产生裂纹,光纤容易断裂。因此,如果采用涂敷碳的光纤,则能抑制裂纹的形成。

所用的焊料必须适合焊接构成光纤的玻璃。这种焊料由于在一般的 Pb—Sn 合金中添加 Zn、Sb、Al、Ti、Si、Cu 等材料,故可用氧气作媒介进行有效的焊接。

在这种情况下,添加材料在焊料中所占的比例是,按重量计算焊料为 100 时,添加材料为 0.01—5,但最好是 0.05—1.5。适用的焊料是旭硝子公司生产的 (セラロッド W)。当添加材料的重量比低于 0.01 时,与玻璃的结合力不够。当重量比超过 5 时不但不能增强结合力,反而损坏焊料本身的性能。

这样构成的光纤阵列用焊料到激光二极管等上。这时若要充分进行密封,最重要的工艺是牢靠地密封住套管板和光纤的间隙。

因此,如图 7、图 8 所示,如果从设计上能使从前端注入的焊料 6 流入该间隙内,那么 A—A' 剖面就能完全密封。另外,当固定到激光二极管模块 (LD) 上时,如图 9 所示,用焊料 6 对套管 8 的外周进行密封固定。这样可使整体密封。

粘接剂 10 当然也要能够耐热。在  $260^{\circ}\text{C}$  条件下加热 10 秒后重量减少 1% 以上的粘接剂, 当其再附着到模块内的激光二极管透镜等上时, 性能会劣化。所以, 最好采用环氧树脂粘接剂, 因为当其在  $260^{\circ}\text{C}$  下加热 10 秒后产生的气体重量不超过 1%。

光纤阵列的结构大体分为图 11 所示的夹层型和图 13 所示的阳极结合型。

所谓夹层型是指如图 11 所示利用具有 V 形沟槽的下板 3a 和上板 3c 来夹持光纤 1。在这种情况下, 夹持光纤 1 的 V 形沟槽的底部至少要有一面具有曲率半径  $R$  的曲面(以下简称  $R$  面)。下板 3a 和上板 3c 的 V 形沟槽的底部, 两面有  $R$  面也好, 或一面有  $R$  面而另一面为平面也好, 均可达到同样效果。

另外, 套管 8 也可制成如图 10A、图 10B 所示的拉制矩型弹性套管 9a 或压制型(有缝隙)弹性套管 9b。并且该套管 8 最好用殷钢合金制成 9a 和 9b 形状。这样, 利用由殷钢合金制成的套管 9a 和 9b 从外部对光纤模块施加压力, 便于光纤装配。

殷钢合金是  $\text{Ni}-\text{Fe}$  合金。含 42%  $\text{Ni}$  的合金, 热膨胀系数为  $4.4 \times 10^{-6}$  ( $30-300^{\circ}\text{C}$ ), 含 36%  $\text{Ni}$  的合金的热膨胀系数可进一步降低<sup>到</sup>  $2.0 \times 10^{-6}$ 。其优点是, 当光纤阵列固定到光模块上时, 即使加热也不会变形。

另外, 如图 12A—图 12C 所示, 用金刚石刀对硅片 3 进行刻槽加工时, 可以形成底部  $R$  曲面为  $5\mu$  以上的 V 形沟槽 4。




这样可以防止沟槽产生破损的小碎片。因为过去用腐蚀方法形成的V形沟槽由于应力集中而经常产生破损的小碎片。图12B表示用V字形金刚石刀11在硅片3上连续加工V形沟槽的情况。这样制成V形沟槽4后,如图12C所示把硅片3分割成2块,再把两块硅片上的V形沟槽成形面互相重合在一起,分别作下板3a和上板3c使用。利用这样制成的下板3a和上板3c,由于沟槽间距相同,所以能提高定位精度。

图13表示阳极结合型光纤阵列的外观图。

该阳极的结合方法是把由硅片构成的下板3a与上板3b(采用硅硼酸耐热玻璃、氨基硅酸玻璃等或玻璃蒸发淀积硅等)重合起来,加上400℃、1000V,使其结合。这样可以使下板3a和上板3b完全形成一个整体,所以,侧面可以完全密封。

玻璃制的上板3b内部的Na离子在电场作用下进行迁移,产生Si—O结合。当Si和Si结合时,如果采用在一块Si玻璃上进行薄膜蒸发淀积的方法,那么,即使在50—60V的低压下也能进行连接。这时,预先对下板3a和上板3b进行阳极结合,然后插入光纤1,这样操作更加方便。图14A—14D表示阳极结合型光纤阵列中的各种V形沟槽的结合示例。

由于玻璃制上板3b是透明的,所以,焊料填充情况也很容易观察。并且,图15所示的带有GI光纤15的单模光纤16的也很容易检查。

 Ni-Fe 殷钢合金除用于形成光纤导向孔的阵列板外,最好也用作光纤芯线部固定机构的一部分。如果 Ni-Fe 殷钢合金不用作光纤芯线部固定机构的一部分,那么,受热时将产生变形。另外,最好由殷钢合金和上下板对光纤线路的芯线部分 7 进行夹持,在这种情况下可以提高刚性。

殷钢合金呈矩形套管状,而且夹持光纤的上下板的一部分插入该合金套管内,所以可靠性很高。

当光纤阵列与激光二极管阵列模块对准中心进行结合时,聚光部分过去单独用自聚焦透镜(日本板硝子公司生产)制作,所以,激光二极管和自聚焦透镜的中心调节和固定,以及自聚焦透镜和光纤阵列的中心调节和固定,分两次进行。因此,操作很麻烦,费用高,而且连接损耗也很大。本实施例如图 15A、15B 所示,光纤阵列中采用单模光纤 16(在其端部焊接一定长度的 GI 光纤 15),所以,可根据数值孔径的变换和光准直系统等目的,在光纤阵列内进行光处理。

GI 光纤 15 和单模光纤 16 在熔化焊接时,自动调整中心后焊接在一起。二者的外径最好相等。但如果差别在 20—30% 左右时,焊接时由于玻璃能自由调整中心,所以影响不大。

同样,如果采用被覆碳的光纤 1,则可靠性较高。焊接时的热量能将碳去除,于是容易识别 GI15 光纤和单模光纤 16 的焊接部分,采用图像处理的自动切断和研磨系统也容易工作。

GI 光纤 16,只要根据目的用途来确定  $\Delta n$  和芯径即可,可以准

备专用产品。包括外径在内,各种芯线材料都可以。

焊接部分,外径往往会产生  $1\mu$  以下的变化,所以如图 15B 所示,如果在导向定位沟槽(对应于焊接部位的 V 形沟槽扩大部分)17 处留出空隙,则容易提高定位精度。也可以把导向沟槽 17 扩大到整个单模光纤 16。只要能对前端的 GI 光纤 15 准确定位即可。

另外,也可以用多芯光连接器等对光纤进行定位。在对准中心的状态下进行永久性固定,并且进行密封。这与过去的多芯光连接器完全不同。

#### 制造实例

利用金刚石刀在硅片上加工 V 形沟槽,制做出夹层型和阳极结合型的阵列板。V 形沟槽的允许加工偏心度为  $\pm 0.3\mu$ 。

外壳分别用殷钢合金制作,光纤 1 用 Sb—Pb 合金(其中含有 Zn、Sb、Al、Ti 等)进行固定,固定位置在前端约 4mm 长的位置上。芯线部分 7 通过窗口部 5 注入环氧树脂耐热粘合剂( $260^{\circ}\text{C}$  加热 10 秒后的气体发生量为 0.1%)进行固定(参见图 11)。

光纤是表面被覆碳的 18 芯光纤,间距定为  $250\mu\text{m}$ 。另外,光纤外径定为  $125\pm 0.3\mu\text{m}$ ,芯线偏心度定为  $0.3\mu\text{m}$ ,装配后以第 1 芯线到第 18 芯线为基准测量其他光纤的偏心度,其结果偏心度均在  $1\mu\text{m}$  以下,平均值为  $0.4\mu\text{m}$ ,最大值为  $0.8\mu\text{m}$ 。

阳极结合型是在  $400^{\circ}\text{C}$ 、1000V 条件下将硅片和硼硅酸耐热玻璃接合在一起。而夹层型是按照 V 形沟槽底部 R 为  $20\mu\text{m}$  进行加工

的,所以,使用时和试验时均无任何破裂。

由于采用了这种光纤阵列结构,所以可达到以下效果。

首先,由于采用形成 $R$ 曲面的 $V$ 形沟槽,所以能防止硅片破裂,能高效率地加工 $V$ 形沟槽的光纤阵列。另外,由于用焊料进行固定,所以能够达到密封。用殷钢合金进行组合,可以减少受热时的变形。由于能制成内装透镜的光纤阵列,现有技术的与激光二极管进行中心调节工序,现在一次即可完成。另外,由于采用被覆碳膜的光纤,所以,能够获得高可靠性的光纤阵列。由于采用阳极结合型光纤阵列,所以侧面密封更牢靠,不容易产生热变形。由于利用殷钢合金外壳对夹层阵列进行加压,所以光纤容易安装。

#### 〈实施例2〉

图16A—图16C是表示本实施例的夹层型光纤阵列基本结构的模式图。并且,与实施例1相同的结构部分标以相同的序号。

在图中光纤1夹持在下板3a和上板3b之间,并且,金属套管8的内侧与光纤1、下板3a和上板3b依靠焊料互相固定在一起。序号5是设在套管8的适当位置上的窗口部,通过窗口部5,可借助弹簧板等紧固构件把内部的上板3b压住。

金属套管8的光纤阵列前端部光耦合端面被研磨成与光纤面的端面形成同一平面。由于采用这种结构,所以套管8的研磨面 $f$ 在光纤阵列与光并行传输模块以外的零件(例如激光二极管阵列、透镜阵列等)进行定位固定时正好作为对接固定面。

如图 17 的放大图所示,与研磨端面相比,下板 3a 和上板 3b 的前端部的端面 3d 是缩入到内部的,这样可在前端的套管 8 的内侧填充焊料,便于充分进行密封。

这时,如图 17 所示,在研磨面  $f$  和下板 3a、上板 3b 之间由焊料、低熔点玻璃等密封材料 20 进行密封,同时下板 3a 和上板 3b 与套管 8 之间的间隙也由焊料 6 进行密封。

研磨面  $f$  和上下板前端部的端面 3d 之间的距离(即引入量)只要其间隙能填入焊料或粘接剂即可,为了不损伤研磨面  $f$  上的光纤排列精度,该距离最好不超过 1mm。

作为光纤定位构件的下板 3a 和上板 3b,如图 18B 所示,最好至少有一面具有 V 形槽。

上板 3b 也可用透明材料构成,这样容易观察内部焊料填充情况。并且也容易检查光纤 1 的位置。

下板 3a 和上板 3b 也可以把两块具有 V 形沟槽的阵列板结合在一起,形成导向孔(图中未示出),把光纤 1 插入该导孔内进行定位。另外,该 V 形沟槽的结构如实施例 1 所说明的那样,最好在 V 形沟槽底部形成  $R$  曲面,尤其是最好形成曲率半径大于  $5\mu\text{m}$  的  $R$  曲面。

本实施例也可采用这样的结构,即通过套管 8 上的窗口部 5,利用由殷钢合金等制作的板状弹簧从外部压紧。这样更容易装配光纤阵列。

图 18a—18c 是说明用焊料来密封光纤的方法的模式图。如果

该焊料 6 接触到具有光纤被覆部分的芯线部 7, 则被覆层会溶解, 产生大量气体, 所以, 焊料 6 最好只对玻璃部分的光纤 1 加以固定。

如图 18C 所示, 最好是一边加超声波振动 21, 一边从光纤 1 的前端送入焊料 6。具体做法是, 把焊料槽 22 加热到适合密封的温度 (即使焊料 6 的液体能在光纤 1 和上下板 3a、3b 之间的间隙内上升的粘度适当的温度) 时, 利用图中未示出的超声波振动机向槽内的焊料 6 中施加超声波振动 21。最好把光纤阵列 F 的前端部插入焊料槽 22 内, 以使焊料充满间隙。

当用焊料焊接光纤阵列 F 和套管 8 时, 为了充分进行密封, 如图 18B 所示, 最好在其间形成间隙, 以使焊料 6 充分充满。

另外, 为防光纤表面产生裂纹和断裂, 最好预先在光纤 1 上涂敷碳膜等。

该焊料最好是在通常的 Pb-Sn 合金中添加 Zn、Sb、Al、Ti、Si、Cu 等。

耐热性粘合剂 10 最好是环氧树脂类, 在 260℃ 下加热 10 秒后产生的气体量下超过 10% 重量比。

上下板 3a、3b 的材料最好是硅、玻璃、陶瓷中的某一种或其组合。

图 19A、图 19B 是说明在光纤阵列 F 的前端面上形成与其他光纤模块的光耦合端面的方法的模式图。

如图 19A 所示, 加上焊料或粘接剂, 形成凸起部 23, 然后, 如图

19B 所示,对突起部 23 的端面进行研磨,使套管 8 的端面和光纤 1 的端面形成同一平面。其结果,研磨端面后露出焊料或粘接剂,形成密封结构。

图 20 是说明粘合光纤阵列  $F$  和并行光传输模块  $M$  的方法的模式图。光纤阵列  $F$  与并行光传输模块  $M$  耦合时,必须始终保持一定的间隔( $Z$ ),在这种情况下,在光模块  $M$  外面设置外壳 31,对外壳 31 进行焊接。具体做法最好是在序号 34 所示的部位上利用焊料将外壳 31 的端面与光纤阵列  $F$  固定在一起,或者利用 YAG(钕铝石榴石)激光器进行焊接。这时,图 20 是把外壳 31 端面与光纤阵列  $F$  的端面作为基准面。另外,序号 32、33 分别表示透镜阵列和激光二极管阵列。

另一方面,图 21 表示把光纤阵列  $F$  插入到外壳 31 的端面内部进行焊接的先有的方法。此法必须在 XYZ 三个方向调整中心。

另外,金属套管 8 最好用殷钢合金制成。

#### 制造实例

用金刚石刀在硅片上刻制 V 形沟槽,制成夹层型阵列板。V 形沟槽的允许偏心度为  $\pm 0.3\mu\text{m}$ 。

用殷钢合金制成套管 8,用其中含有 Zn、Sb、Al、Ti 等的 Sb—Pb 合金作焊料,在前端约 4mm 的区域内对光纤进行焊接。从套管 8 的窗口部 5 处注入环氧树脂耐热粘接剂(在  $260^{\circ}\text{C}$  下加热 10 秒后产生的气体量为 0.1%),对其他部分进行固定(参见图 16B)。已固定的

光纤线路是表面涂敷碳的 18 芯光纤，间距为  $250\mu\text{m}$ 。另外，光纤阵列的外径为  $125\pm 0.3\mu\text{m}$ ，芯线偏心度均在  $0.3\mu\text{m}$  以内。然后以第 1 芯和第 8 芯为基准，测量其他光纤的偏心度。结果，可以抑制到  $1\mu\text{m}$  以下，平均值为  $0.4\mu\text{m}$ ，最大值也只有  $0.8\mu\text{m}$ 。

其次，如图 19 所示，在光纤阵列  $F$  的端面上涂敷焊料，形成凸起部 23，最后进行研磨使光纤阵列  $F$  的端面和套管 8 的端面在同一平面上，以便与光模块的光学部件进行焊接。

利用 YAG 激光器把保护光模块的外壳 31 和覆盖在光纤阵列  $F$  上的套管 8 焊接成一个整体。这时，在与构成光模块的透镜阵列 32 等的光学部件之间，按一定的间隙  $Z(200\mu\text{m})$  进行焊接。

这样制作的优点是，由于套管 8 的端面和光纤阵列  $F$  的端面同时研磨，所以，在调整中心时不需要纵向移动，在纵向直交的两根轴的旋转方向上不需要调整中心。另外，两者的端面也容易密封。

### 〈实施例 3〉

图 22A—图 22C 为其他实施例。由下板 3a 上的 V 形沟槽 4 和上板 3b 形成光纤 V 形槽孔 37，将光纤 1 插入槽孔 37 内，光纤 1 被上下板 3a、3b 夹持。

图 23A 表示光纤阵列  $F$  浸入焊料槽 22 内的状态。安装光纤阵列  $F$  时，在固定光纤时如图所示，套管 8 的前端也要浸入焊料槽内，以便使套管 8 的内侧完全密封。

具体地做法最好是，光纤阵列  $F$  的端面和套管 8 的端面的距离



保持在 2mm 以内。

在图 23 中,套管 8 的位置比光纤阵列  $F$  的端面仅稍微偏后一点,所以套管 8 可以浸入焊料槽内进行密封,因此密封操作准确而容易,另外,图 23B 表示在套管 8 上设置台阶部分 8a 时的焊料附着状态。

图 24A—图 24C 表示在套管 8 上设置台阶部分 8a 时的结构。

图中表示光纤阵列的结构,在离开前端至少 1mm 以上,最好是 2mm 以上的地方把外侧有台阶部分 8a 并呈伸出状的套管 8 安装到上下板 3a、3b 的外侧。

由于采用了这种结构,焊料 6 只能附着到图 23B 所示的部分,因此,其优点是,在光纤阵列设定后,与光学部件耦合时,端面旁边附着的焊料没有不良影响。

上、下板 3a、3b 的材料最好采用硅、玻璃、陶瓷中的某一种或其组合(数种)。

这时,最好也在套管 8 上设置窗口 5。窗口 5 的作用是,能利用由殷钢合金等制成的板簧等紧固构件(图中未示出)来压紧上板 3b 或下板 3a。

套管 8 还兼有法兰盘的作用,同时用于光纤密封的激光焊接或焊料固定。但是,也可以与套管 8 分开,另外单独设置法兰盘。

适合制作套管 8 的殷钢合金最好采用  $Ni-Fe$  合金。其优点是热膨胀系数小,当把光纤阵列固定到光模块内时即使加热也不会变

形。

当焊料接触光纤包层部分时包层溶解,产生大量气体,所以,最好是仅光纤玻璃部分用焊料固定,包层部分用耐热粘合剂固定。

如果浸入上述焊料槽 22 内时一边加超声波振动,一边从光纤前端注入焊料,则焊料容易注入,密封性也好。

当用焊料来粘接光纤阵列和套管时,为了密封良好,最后在其间形成间隙,使焊料能充分充满。

为防止光纤表面产生裂纹和断裂,最好事先在光纤上涂敷碳等材料。

焊料的成分最好是在一般的  $Pb-Sn$  合金中添加  $Zn$ 、 $Sb$ 、 $Al$ 、 $Ti$ 、 $Si$ 、 $Cu$  等。

光纤阵列端面必须研磨,其结果可使焊料露出,形成密封结构。

光纤阵列  $F$  在与光学器件及光连接器连接时,最好在光模块的外皮上设置外壳后再进行连接。具体的连接方法是,模块阵列的外壳端面和光纤阵列用焊料固定或用 YAG 激光器焊接。

这样,使光纤阵列外部的套管 8 比光纤阵列端面稍稍位于后方一点,以便于入焊料槽达到完全密封。并且,由于光纤阵列端面比套管 8 突出,所以容易研磨。在套管 8 上设置台阶部分  $8a$ ,可以不影响光纤阵列端面附近的焊料的附着。

#### 〈实施例 4〉

下面参照附图说明本实施例的并行传输模块。

图 25A、图 25B 表示由发光及受光元件、光纤阵列和 外装的光连接器构成的并行传输模块。并行传输模块主要由模块主体 51 和与模块主体 51 连成一个整体的光纤阵列 40 构成。

模块主体 51 内装有发出光信号的激光二极管 53、驱动激光二极管 53 的 IC(集成电路)52 和透镜系统 54,这样构成光传输系统。在该主体 51 内部并行排列着许多排光传输系统,以此进行光信号的并行传输。

图 26 仅放大示出了光纤阵列 40。光纤阵列 40 具有已刻制了多条 V 形沟槽的下板 41 和在其上面固定的上板 42,利用 V 形沟槽 43 对光纤 44(仅指无包层的玻璃部分)进行定位。另外序号 45 表示供插入导向销钉的导向销钉槽。

其次,如图 27A、图 27B 所示,模块主体 51 也可以把由多条光波导 55 组成的波导基板 50 排列在内部而构成。这时,如图 28 所示,波导基板 50 和光纤阵列 40 的结合,既可采用导向销钉 56,也可在光轴中心对准后用粘合剂固定。光纤阵列 40 也可利用焊料或 YAG 激光器在序号 57 所示的部位与模块主体 51(外壳)进行连接固定,使其达到密封状态,二者的结合面的固定最好采用具有折射率匹配功能的粘合剂(例如紫外线固化型粘合剂)。

另外,如图 29A—图 29C 所示,光连接器结合用的导向销钉槽 45 的深处也可用焊料 59 等进行密封。在该例中,导向销钉槽 45 是穿通孔。

如图 30A、图 30B 所示,在模块主体 51 的外壳内部,如果用夹子 39 等把光纤阵列 40 和光波导基板 50 压紧固定,则能进一步提高可靠性。

该光纤阵列 40,如图 25A 所示,在光纤阵列 40 的外周部分设置了结合用的外壳 58a(用于使并行传输模块与其他光纤模块  $F$  相结合),构成所谓推挽形式。该结合外壳 58a 与具有光纤阵列  $F$  的光连接器结合外壳 58b 相连接,使二者构成一个整体(图 25B)。

如图 31 所示,也可以把金属外壳 60 嵌合在光纤阵列 40 的外周上。该金属外壳 60 的形式与上述实施例 1 中的外壳 8 相同,中央部分设有窗口 61。在这种情况下,金属外壳 60 和光纤阵列 40 之间的间隙,当然也要填充焊料。金属外壳 60 的形状既可以是矩型的,也可以是圆的,只要能与模块配合即可。金属套管 60 的材料最好选用热膨胀率与光纤阵列 40 基本相同的殷钢合金或科瓦铁镍钴合金。

图 27A、图 27B 是表示并行传输模块和光连接器相结合的代表性示例的简图。波导基板 50 具有  $1 \times 8$  分支光波导 55,在两端具有光纤阵列 40。并且把外装光连接器的光纤阵列  $F$  连接到光纤阵列 40 上。另外,作为这种连接的示例,可用夹子(例如板簧夹子 62)与外装的光连接器的光纤阵列  $F$  相结合。

图 26 是表示具有导向销钉槽的光纤阵列的基本结构的斜视图。如果有定位机构,那么即使没有导向销钉槽 45 也可以。另外,在光纤阵列 40 的外侧,如图 25A 所示,也可以具有像推挽式那样的外壳

58a。该导向销钉槽 45, 如图 28 所示, 也可以分别从两端进行加工, 在端部也可以不是两个。

图 32 是表示依靠上下板 41、42 夹持、用焊料固定密封的光纤阵列 40 的示例的横剖面图。即在图 32 中, 用上下板 41、42 夹持光纤 44, 用玻璃焊接等用的焊料 6 进行固定和密封, 使光纤阵列 40 达到密封。另外, 也可以利用低熔点玻璃等来代替焊料 6 进行焊接密封。

这里所用的焊料对光纤阵列和模块等的可靠性有很大影响, 当其接触到光纤包皮部分时会使包皮溶解, 产生大量气体, 所以最好是仅对光纤玻璃部分加以固定。

焊料在从光纤前端注入时最好同时加超声波振动, 如图 33 所示, 若设置一个窗口部 61, 最好使此处成为与焊料和粘合剂的边界。另外, 窗口 61 的作用还与控制光纤位置有关, 由于在窗口处间隙扩大, 所以可成为焊料上升的上限。

下板 41 由硅制成, 导向销钉槽 45 的表面有氧化膜, 这有助于和上板 42 的接合以及与焊料焊接。

如图 33 所示, 带有导向销钉槽 45 的上板 42a 与下板 41 相接合, 上板 42 通过上板 42a 而获得下向的压力, 从而能压紧光纤 44。

上板 42 的拉伸弹性模量  $E$  最好等于或小于上板 42a 和下板 41 的拉伸弹性模量。其原因在于研磨端面时如果上板 42 的拉伸弹性模量小, 则容易研磨, 该部分不会从端面突出。

光纤阵列 40 和模块主体 51 的外壳, 利用焊料或低熔点玻璃等

进行固定和密封。

这时,为了便于粘附焊料,光纤 41 最好利用金属涂层来提高可靠性或者涂敷碳层。

特别是光纤在用焊料进行固定时受  $200^{\circ}\text{C}$  以上的高温作用,光纤表面会迅速产生裂纹,容易使光纤断裂。若涂敷碳层则能抑制上述缺陷。

焊料应当能适合光纤玻璃的焊接,其成分最好是在一般的  $\text{Pb-Sn}$  合金中添加  $\text{Zn}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Cu}$  等。这时添加材料的比例是:焊料为 100 时添加料为  $0.01-5$ ,最好是  $0.05-1.5$ 。添加材料的比例不足  $0.01$  时,与玻璃的粘拉接合力不够,比例超过  $5$  时,非但不能提高粘接力,甚至还会影响焊料本身的性能。

下板 41 和上板 42a 也可以不用粘合剂,而用阳极接合或直接接合的方式进行接合,这样接合成一体,就能明显提高接合(密封)的可靠性。

特别是在阳极接合的情况下,最好是把由硅或氧化锆制成的下板 41 与上板 42a(其材料是硼硅酸耐热玻璃、氨基硅酸玻璃、硅或具有玻璃蒸发淀积膜的硅)重叠起来,加上约  $400^{\circ}\text{C}$ 、 $1000\text{V}$  的条件进行焊接。

另外,若能达到与直接接合或上述方法相同的效果,那么不限于采用阳极接合和直接接合,也可以采用蒸发淀积等任意方法。所谓直接接合是指对硅表面进行镜面加工,加热到  $1000^{\circ}\text{C}$  以上进行接

合。

如果设置导向销钉沟槽 45,其密封将成为问题,但是可采用图 29A—图 29C 所示的导向销钉槽密封方法。图 29A 表示用焊料 59 和 YAG 等焊接方法从导向销钉 56 开始向深处进行焊接。

导向销钉 56 用于初期调整中心,最好在与导向销钉孔的空隙范围内调整中心和定位。

图 29B 表示导向销钉槽 45 没有穿通,在里侧深处上下板是接合密封的。

在图 29C 中,导向销钉槽 45 穿通了波导基板 51,而且全部位于模块主体 51 的外壳外侧,所以,可以与密封分开单独进行处理。这样,最好是把导向销钉槽 45 加工成通孔,设置在模块主体的外侧。光纤阵列的光纤导向槽(孔)和导向销钉槽(孔)在同一基板上加工,但上下板的光纤导向槽和导向销钉槽也可以不同。这样可以反转 180°进行结合。

图 33 表示设有加工用窗口 61 的光纤阵列 40。这种结构用独立的上板 42 来压紧固定光纤 44。也就是说,光纤阵列 40 在上板 42a 以外单独设置了上板 42。并且,从窗口 61 注入粘合剂,用焊料填充与下板 41 之间的间隙,加以密封。当然,上下板 41、42a 的连接既可采用阳极接合方式,也可采用直接接合方式。导向销钉槽 45 的内部在注入焊料时不会流入内部,所以从密封性考虑还是这种封死的结构为好。

图 34 是图 33 的变形例子,其中设置了窄缝状的开口 61a 来代替图 33 的窗口 61,用上板 42 压紧固定光纤。

在图 33、34 中,如果导向销钉槽 45 只加工到中间部分,然后进行接合密封,那么其优点是:当从接合密封一侧注入焊料(例如超声波玻璃焊料的注入)时,焊料不流入导向销钉槽 45 内即可固定住光纤。

图 35A—图 35D 表示各种不同 MFD(方式字段(*moke field*)直径)的光纤。这样可以扩大轴线偏差的允许范围,便于调整。

图 35A 是表示扩大 MFD69 的模式图,即扩大了光纤阵列 40 的模块一侧的 MFD。

这时光纤阵列 40 的模块一侧的 MFD 比标准单模光纤的 MFD 扩大 20% 以上,最好扩大 100%。

所以,光纤阵列的两端,均将 MFD 扩大  $12\mu\text{m}$  以上,最好扩大  $19\mu\text{m}$  以上。

图 35B 是增大光纤阵列 40 的 MFD、利用光连接器一侧的光纤阵列 F 进行变换的模式图。

图 35C 是把 GI 光纤 68 离开一定距离  $L$ (例如  $0.8\text{mm}$ ) 安装到同一基板上、增加聚光透镜作用的模式图。其外径最好与 SM(单模)光纤相同,但也可相差  $\pm 50\%$  左右。并且 MFD 变换可采用残余应力衰减型的。

图 35D 是通过 2 种光纤的熔接在光连接器的内部使 MFD 一致



的模式图。序号 67 表示熔接部位。

所以,最好局部增大外装的光连接器内部的光纤结合前端部分的 *MFD*。

光连接器内部的光纤规定长度,对于光纤的 *MFD*,希望通过使残余应力集中在芯线区而使芯线区内的折射率降低,*MFD* 至少可比消除了残余应力的状态增大 20% 以上。

另外,光连接器内部的规定长度的光纤最好能有熔焊部分。

图 36A、图 36B 是对光纤阵列的端面进行无反射涂敷或倾斜研磨后以倾斜状态进行结合的模式图。

图 36A、图 36B 分别表示在光纤阵列 40 的端面上具有无反射金属 71 和倾斜研磨后以倾斜状态结合 72 的类型,但构成光连接器的光模块也可以是将多个光模块  $F_1$ 、 $F_2$  组合成。

固定光纤用的粘合剂最好采用像环氧树脂那样的耐热粘合剂,例如,在 260℃ 下加热 10 秒后产生的气体重量比小于 1%。

在通常的光连接器中,互相连接使用的光连接器内部的光纤结合前端部分的 *MFD* 如果局部增大,则相对于光连接器轴线偏差的损耗变化较小,结果可实现低损耗结合,而且装卸损耗稳定性好。

这种光纤阵列 40 的例子示于图 37。在光纤阵列 40 内部的光纤指定长度对于光纤的 *MFD*,通过使残留应力集中在芯线区内使芯线区的折射率降低,可使 *MFD* 至少比消除了残留应力的状态增大 20% 以上。

另外, 光纤阵列内部的指定长度的光纤具有熔接部分 75, 这对在光纤端部增大  $MFD$  是有利的。

### 制造实例

利用单模光纤 12 芯, 用阳极接合方法使玻璃与刻有 V 形沟槽的硅基板焊接, 利用硅基板对光纤加压, 用超声波注入焊料, 使整体密封(参见图 33)。

光纤阵列的全长约为 100mm, 厚度为 2mm。光纤定位使全部芯线偏差小于  $1\mu m$ 。导向孔加工到中间位置, 其他部分进行焊接密封。

对激光二极管模块, 通过透镜阵列进行调整中心和定位, 用焊料固定到外壳上。驱动光纤阵列的 IC(集成电路)也和激光二极管模块一起进行密封。

为便于用焊料往外壳上固定, 在光纤阵列的外周形成冲压加工的金属套管, 用焊料来固定金属套管和外壳。

在光纤阵列 40 和金属套管 60 的间隙中也填充焊料。金属套管 60 的形状不限, 矩形、圆形均可, 只要能与模块配合即可。也可以在部分地方带有伸出部在那里 YAG 焊接。

金属套管 60 最好采用热膨胀系数与光纤阵列 40 基本相等的殷钢合金或科瓦铁镍钴合金。

在该光纤阵列 40 上连接多芯光连接器, 测量连接部分的损耗, 其结果是, 12 芯平均为 0.35dB, 对实际使用没有问题。

对于应连接的光连接器,装上推挽式外壳,可使操作简单。

对于  $MFD$  从通常的  $9.5\mu m$  增大到  $18\mu m$  的光连接器和光纤阵列,其测量结果为损耗约增加  $0.2dB$ ,同时装卸误差也只有  $\pm 0.02dB$ ,非常稳定。

由于用焊料固定光纤,所以无反射涂敷也比较容易,测试结果为,对  $\lambda=1.3\mu m$  来说很容易做到  $30dB$  以上的反射涂敷。

如上述说明,本实施例的并行传输模块可以把过去的挠性接头型的跨接型模块改变为塞孔型模块,使其很容易进行制造和现场装配。另外,由于不需要安装光纤带,所以也容易实现小型化、提高安装密度。

通过采用阳极接合和直接接合的密封方法,可以减少零件数量,而且可以提高装配的可靠性。另外,由于沟槽加工到中间位置,所以用阳极接合和直接接合方法很容易对导向销钉槽进行密封。

由于单独设置了光纤压紧装置(参见图 33),所以能可靠地将光纤压入  $V$  形槽内,很容易达到  $1\mu m$  的偏心度。

通过改变光纤阵列和光连接器的  $MFD$ ,可以降低损耗,减小装卸误差。

如果用波导构件和导向销钉来连结光纤阵列,则不需要调整中心。如果在内部用弹簧加压,则可进一步提高可靠性。

如图 29A 所示,如果在导向销钉槽的深处进行密封,则从另一端注入焊料时焊料不会流入导孔内,操作简单。

由于光纤具有增大 MFD 部分,所以光连接器相互之间容易连接。

#### 〈实施例 5〉

下面参照附图按制造工艺顺序说明本实施例的并行传输模块。

首先,在下板 101 上的许多 V 形槽 101a 内分别放入光纤 1,再把上板 102 重叠到上面。然后把已夹入光纤 1 的上下板 101、102 的一端插入金属法兰盘 104 的中央的开口 103 内(参见图 38、39)。这时在下板 101 横向两侧设置突出的支持板 106(其上有支持导向销钉的 V 形槽 106a)。插入该支持板 106 直到与法兰盘 104 接触。在法兰盘 104 的反面开口处固定着用于保护上、下板 101、102 的金属套管 105。在完成插入的状态下,上、下板 101、102 的插入端从金属套管 105 的端面向外突出(图 39)。

其次,从金属套管 105 的端面突出的上下板 101、102 的端部浸入焊料槽内(参见上述图 18C)、加上高频振动,以便焊料一直填充到反面端部为止(图 40)。这样,焊料将填充到金属套管 105、法兰盘 104 或夹持光纤 1 的上下板 101、102 之间,使整体在密封状态下固定。除使用该焊料外,也可使用低熔点玻璃等密封材料。

另外,对上下板 101、102 的两端面进行研磨,以除掉该部位附着的焊料,使光纤露出,变成光亮的镜面(图 41)。

然后,把导向销钉 108 装入支持板 106 的 V 形槽 106a 内。接着把夹子 109 嵌合在外部,使导向销钉 108 和上下板 101、102 互相压

接。这样即可把导向销钉 108 固定在 V 槽 106a 内(图 42)。

接着,插入保护套管 110 并加以固定,使其覆盖在夹子 109 安装部位的外面(图 43)。这样制成的光纤阵列 100 示于图 44A—图 44D。

然后,将该光纤阵列 100 插入模块主体 120 内,主体 120 的结构包括发光元件阵列和受光元件阵列以及与其相对应的集成电路阵列等(图 45)。另外,再利用焊料或 YAG 焊接等方法在密封状态下把主体 120 和光纤阵列 100 固定在一起,使其成为一个整体,从而制成并列传输模块(图 46)。

#### 〈实施例 6〉

下面根据附图说明并行传输模块的另一实施例。本实施例的并行传输模块具有与实施例 5 中的并行传输模块相同的结构,对同样的构件标以相同的序号。

本实施例中的并行传输模块也同样在两端用下板 101 和上板 102 对光纤 1 进行定位。光纤 1、上下板 101、102 和法兰盘 104 由焊料或低熔点玻璃等密封材料固定成一个整体。并且备用导向销钉 108,依靠支持板 106 的 V 形槽 106a 进行支持。另外,光纤 1 由下板 101 上的 V 形槽 101a 进行定位。

特别是作为密封材料的焊料和低熔点玻璃等对于光纤阵列内部零件的密封以及光纤阵列和模块等的可靠性有重要作用。

为了从光纤阵列前端一侧注入焊料,最好在注入时加上超声波

振动。这时如果在法兰盘 104 上设置窗口(图中未示出),那么在这一部位借助上下板 101、102 能牢固地夹持光纤 1。

设置该窗口的作用是能控制光纤的位置,由于间隙扩大,所以形成焊料上升的上限位置。

适合焊接光纤玻璃的焊料是在通常的  $Pb-Sn$  合金中添加  $Zn$ 、 $Sb$ 、 $Al$ 、 $Ti$ 、 $Si$ 、 $Cu$  等,焊接时加上超声波。

如图 47A—图 47D 所示,壁板 112 和下板 101 最好采用  $Si$  和玻璃或  $Si-Si$  的固相焊接方式进行连接。

该固相焊接最好采用阳极接合方式,而且该固相焊接最好是  $Si$  和  $Si$  的直接焊接。

在下板 101 的硅表面上设置氧化膜,这有利于上板 102 与焊料的粘接。

为使光纤 1 容易粘接焊料,最好在其上面涂敷金属层或碳层,以提高可靠性。

法兰盘 104、光纤 1、上下板 101、102 最好研磨成几乎是同一平面。

研磨端面时如果上板的拉伸弹性模量较小,则容易研磨。

另外,如图 48A—图 48B 所示,如果光纤 1 和上下板 101、102 比法兰盘 104 突出,则便于研磨。

下面,根据图 47A—图 51E 说明构成并行传输模块的光纤阵列的制造方法。

的制造方法。

首先,将光纤 1(图中未示出)排列到下板 101 的各个 V 形槽 101a 内,然后把上板 102 重叠在上面,把光纤 1 夹紧。并且如图 53A—图 53C 所示进行粘接固定。

如图 53A—图 53C 所示,重要的是从前端注入的接合材料 113a(焊料或耐热粘合剂)由下板 101 上的隔板 112 的阻挡,不能流入支持板 106 的 V 形槽 106a 内,并且控制注入条件以使粘接材料 113a 不会到达后端。

图 54A—图 54C 表示光纤阵列前端研磨后的状态,图 54A 是其顶视图,图 54B 是其侧面图,图 54C 是其前端纵剖面图。

图 55A—图 55C 是将导向销钉插入模块前端并用焊料固定后端的的状态的模式图。把导向销钉 108 插入前端面的 V 形槽 106a 内,同时用焊料 113 固定后端一侧的导销 108、光纤 1 和金属法兰盘 110a。金属法兰盘 110a 的内侧用焊料 113 严格密封。

最后,如图 56A—图 56C 所示,对端面研磨后既完成光纤阵列。

这样制成的图 56A 等所示的光纤阵列,两端经过研磨,完全密封,而且模块内的光连接器和光学元件等的结合也很简单,连接操作也很容易。

下面,进一步详细说明。

如图 53A 等所示的那样,图 57 示出了使从前端注入的焊料不会流入 V 形槽 106a 内的机构。在这一结合例中,隔板 112 安装在

板 101 和/或支持板 106 上,形成框形结构。

隔板 112 可采用图 57 的结构,最好采用图 58 所示的框形结构,这样可提高上板 102 固定的可靠性。

图 59 表示定位的导向销钉 108 由弹性夹子 109 夹持的状态。

如图 59 所示,导向销钉 108 装入其夹持用 V 形槽 106a 中后,上部至少要有一部分露出,该部分由夹子 109 压住。这样有利于固定导向销钉 108。

图 60 是表示导向销钉变形例的模式图。如图所示,导向销钉 108 的一部分有台阶 108a,也可以用夹子夹住这一部分。这样,由于台阶部 108a 被夹住,所以能防止导向销钉 108 在轴向上被拔脱。

导向销钉 108 的材料采用氧化锆等陶瓷,这有助于提高加工精度和长期可靠性。

图 61 表示外部光连接器耦合端面及并行传输模块内的耦合端面的一种状态。

如图 61 所示,导向销钉用 V 形槽 106a 位于外部光连接器耦合端面部(前端)上,上下板 101、102 呈相对该 V 形槽 106a 突出的凸出形状。另外,上下板 101、102 也相对于模块内结合端面(后端)的 V 形槽 106a 呈凸出状。

这两种凸出形式均为较好的结构,其优点是能限制焊料的附着区部分。

如图 61 所示,法兰盘 104 最好具有形成终端壁 104b(该壁与支



持导向销钉的支持板 106 的一个端面相对接)的部分,而且具有台阶部 104a(其外部尺寸小于终端壁 104b)。

本实施例的光纤阵列和激光二极管阵列、透镜阵列等光学元件的焊接,在对准中心后,既可用粘合剂固定,也可用 YAG 激光器与模块外壳焊接,同时也可使用导向销钉。另外,光纤阵列和波导基板的连接也是一样。

V 形槽 106a 也可分别从光纤阵列的两端进行加工,另外,如图所示,在端部没有 2 个导向销钉也可以。如果有其他定位机构(例如在光连接器一侧设置导向销钉槽等),则光纤阵列一侧也可没有该导向销钉的 V 形槽 106a。再者,在光纤阵列的外侧也可有推挽式的外壳机构。

另外,金属法兰盘 104 的形状,不论是矩形还是圆形均可,其材料最好采用热膨胀率与光纤阵列基本相同的殷钢合金或科瓦铁镍钴合金。

图 62A、图 62B 是对光纤的一部分或全部进行 MFD 变换的模式图。

图中,对于光纤 40a 的 MFD,到光纤阵列 40 的两端部分或全部将 MFD 扩大(缩小) $12\mu\text{m}$  以上,最好  $15\mu\text{m}$  以上,以便适合于与其他连接器进行焊接。若从角度损耗考虑,则最好大于  $20\mu\text{m}$  并小于  $50\mu\text{m}$ 。图 62A 的光纤 40a 在整个长度上的 MFD 为  $30\mu\text{m}$ ;图 62B 的光纤 40a 在模块主体 120 内侧的一端为  $30\mu\text{m}$ ,外侧的另一端为

9.5 $\mu$ m。图 62B 的光纤 40a 是标准单模光纤。各图中的序号 121、122 分别表示设置在模块主体 120 内的激光二极管阵列和透镜阵列。

在这种情况下,光连接器相对于轴偏差的损耗变化较小,所以能实现低损耗耦合,并且有助于装卸稳定性。

光纤阵列的端面不仅可研磨成平面,而且可研磨成斜面以斜角进行耦合(例如 5°—10°),另外,也可涂无反射层。

固定光纤用的粘合材料,采用有机粘合剂时最好选用耐热性好的产品,例如环氧树脂粘合剂,要保证在 260℃ 下加热 10 秒后产生的气体的重量比小于 10%。

通过这样构成并行传输光模块,为了提高多芯光连接器和光元件等的耦合面的密封性而用粘接材料把光纤固定到构成光模块用的定位构件上,然后研磨两个耦合面,把导向销钉固定到定位构件上。采用这种结构可大大提高该模块的耦合端面的密封性。

由于不同于过去的挠性接头方式,未附加光纤带,所以大大提高了光模块的印刷电路板安装效率和处理速度。

#### 〈实施例 7〉

现参照附图说明并行传输模块的实施例。

图 73 是本实施例的并行传输模块的基本结构模式图。

图中,序号 600 表示光纤阵列,511 表示透镜阵列,512、513 分别表示在平行轴线上形成的激光二极管阵列和光电二极管阵列,

514、515 表示 其上连接的激光二极管用集成电路和光电二极管用集成电路。

并且, 光纤阵列 600 也可用光波导基板形成, 下面说明由许多光纤排列成的代表性光纤阵列。

如图 73 所示, 激光二极管阵列(发光元件)和光电二极管阵列(受光元件)分别单独制作。安装时以光纤阵列 600 为基准, 通过阵列透镜调整中心、进行定位, 制成一个整体。

这是发射接收一体化的并行传输模块, 光纤阵列也是一体化。

也可把各种光元件混装在一起, 例如 LD(激光二极管)—PD(光电二极管)、LD—LD、LD—PD—LD 等。

在先有技术的模块中, 发光体模块(发射模块)和受光体模块(接收模块)分别形成。因此, 一般为了双向传送光信号, 装置基板等的传输模块和接收模块必须分别装配, 影响提高装配密度。

于是, 采用图 73 的结构, 与先有的模块相比, 新结构能使模块小型化, 能缩短装配过程。另外, 还能降低光纤阵列的成本(因为研磨和光纤安装可一次完成), 因此可以提高装配密度, 降低装配费用。

本实施例的光纤阵列和透镜阵列、激光二极管等光元件的接合, 可在对准中心后用粘合剂固定, 也可以用焊料或 YAG 激光焊接方法连接到光模块的外壳上, 还可以利用导向销钉。另外, 光纤阵列和光波导基板的连接也是如此。

本实施例的光纤阵列和光连接器的结合可采用导向销钉, 但也

可用夹子进行接合。

图 74 是光纤阵列 600 的基本结构模式图。

图中,在硅片上加工光纤 V 形槽 602 后构成下板 606,光纤 601 按照  $1\mu\text{m}$  以下的精度在光纤 V 形槽 602 内进行定位。在下板 606 上加工导向销钉 V 形槽 603,把导向销钉 604 插入下板 606 与上板 605 之间导向销钉 V 形槽 603 的孔内,与光连接器(图中未示出)进行定位。

在上下板 605、606 的外周安装金属法兰盘 609(参见图 77)。利用焊料和 YAG 焊接待方法把金属法兰盘 609 固定到与模块相对应的位置上。

当光纤 601 向光纤阵列 600 中安装时,其中一部分或者全部用焊料焊接,使模块密封。

另外,光纤阵列的端面方向,相对于光轴方向不限于垂直方向,也可以倾斜研磨形成倾斜方向。这样,可以按一定斜角度进行结合(例如  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$ )。并且还可以在端面上涂无反射层。

固定光纤的粘接材料,最好采用粘合剂、焊料或低熔点玻璃等密封材料,要求能耐高温,在  $260^{\circ}\text{C}$  下加热 10 秒,产生的气体的重量比应小于 10%。这一要求和其他实施例相同。

该密封材料对提高光纤阵列和模块等的可靠性有重要作用。

适合光纤玻璃焊接的焊料,其成份可以是在通常的 Pb—Sn 合金中添加 Zn、Sb、Al、Ti、Si、Cu 等。

一起的混合排列(图 76D)等,这些方法可以任意组合。这些方法可根据 LD、PD 的生产效率和装配效率等因素进行适当设计。图中,白圆圈表示 LD 等发光元件,黑圆点表示 PD 等受光元件。

以上是利用 LD、PD 作为光学元件进行说明的,但是,当然也可适用于 LED(发光二极管)和其他发光、受光元件的阵列。

图 77 是与发光元件或受光元件的排列对应地对光纤进行二维排列的光纤阵列结构示例的模式图。图中,序号 604' 表示调整间隔  $\Delta H$  用的导向销钉,序号 603' 表示导向销钉槽。这也适用于 GI 光纤。

图 78A、图 78B 是对光纤阵列和光纤结合用光连接器说明 MFD 放大变换或 MFD 缩小变换的模式图。

如图所示,当采用 SM 光纤时,为便于和发光受光元件相结合,也可放大光纤的 MFD(图 78A)或缩小 MFD(图 78B)。另外,也可放大或缩小与光纤阵列相结合的光连接器的前端 MFD。

在这种情况下,光连接器和光纤阵列相对于轴偏差的损耗变化较小,因此,可实现低损耗耦合,并且有助于提高装卸稳定性。另外,图 78 中,序号 621 表示光纤阵列的 MFD 较大的状态;序号 622 表示与光纤阵列相结合的光连接器的 MFD 逐渐减小的状态。在图 78B 中,序号 623 表示结合用光连接器一侧具有的一般单模(SM)光纤;序号 624 表示光纤阵列所具有的光纤 MFD 在该阵列内变化的状态。

## 制造实例

通过透镜阵列对 10 通道的 LD 阵列和 10 通道的 PD 阵列相对于 20 通道的单模光纤阵列进行连接和调整中心。

将光纤阵列内的光纤的 MFD 形成为约  $30\mu\text{m}$ , 以增大调整中心的 X-Y 允许误差。

在光纤阵列的外围, 装上殷钢合金或科瓦铁镍钴合金等热膨胀率较低的外壳(金属法兰盘), 对模块外壳进行密封焊接。

对光纤阵列, 加工出直径  $0.7\text{mm}$  的与导向销钉对应的槽, 将导向销钉固定在该槽内, 这一部分也同样进行密封。

外部安装用的多芯光连接器装在推挽外壳内, 只要按一下, 就能与发射接受模块相结合。

通常的模光纤的 MFD 为  $9.5\mu\text{m}$  左右, 因此, 在多芯光连接器内部制作了这样一个多芯光连接器, 它具有图 78A 所示的 MFD 变换部, 从  $30\mu\text{m}$  变换成  $9.5\mu\text{m}$ 。

MFD 的变换是通过焊接残留应力衰减型光纤而实现的。

这样获得的发射接收模块性能良好, 耦合损耗和传输特性均没有问题。印刷电路板上的装配密度提高一倍以上。

以上用光纤阵列进行了说明, 但光纤阵列也可以用石英光波导制成。

如上所述, 如利用本实施例, 则可产生以下效果。

(1) 由于 LD 阵列、PD 阵列装在一个外壳内, 所以, 提高了印制

电路板的装配密度,

(2)过去需要2套包封外壳和光纤阵列,现在一套即可,装配作业也可一次完成,所以可降低成本。

(3)通过变换光纤阵列或多芯光连接器的MFD,可增大调整中心和光连接器的允许误差,能提高调整中心的作业效率,并使光连接器耦合损耗达到稳定。

#### 〈实施例8〉

在图63中,本实施例的外壳结构由三个外壳A、B、C构成。

外壳A呈方筒状,固定在作为隔离板的背板301上,该背板将光模块应连接的装置的内部和外部隔离开来,外壳B装在外壳A内。

外壳B装在外壳A内可以滑动,其功能是,内部可装入并保持插入式光连接器302、303(其前端部装有图6等所示的光纤阵列)。

外壳C由上下两个外壳组成,利用这两个外壳来夹持并行传输模块。图68表示二者分开后其中的一个外壳。另外,外壳C的内部装有两个图46等所示的并行传输模块。外壳C固定在印刷电路板304的一端(该电路板上装有驱动该并行传输模块或处理受光信号的集成电路)。在该实施例中,外壳C内装有发射用并行传输模块LD(内装LD阵列)和接收用并行传输模块PD(内装PD阵列)。另外,外壳C内装有散热用的叶片237(参见图64)。

如图64所示,若按箭头305所示的方向把光连接器302、303

插入,使其接触到固定在背板 301 上的外壳 A、B,则外壳 A 内的外壳 B 就从外部支承光连接器 302、303、在此状态下,外壳 B 的一端与终端壁 211(位于外壳 A 的终端部)相搭接,另外,位于外壳 B 的另一端的突出部 221 与突出部 212(位于外壳 A 的开口端)相搭接。所以,外壳 B 与外壳 A 的一部分相搭接。这样可以限制外壳 B 在外壳 A 内移动。结果,使光连接器 302、303 夹持在外壳 A 内。

然后,按图 64 所示,把装有并行传输模块 LD、PD 的外壳 C 按箭头 306 所示方向插入。这时如图 65 所示,外壳 C 的夹持部 231 越过外壳 A 的锥体部 213 进入内部,从外部夹住外壳 B 端部。这时外壳 C 前端突出的对接部 232 与外壳 B 的一端进行对接。

如果继续将外壳 C 向里推入,则外壳 B 被外壳 C 的对接部 232 压紧,沿着该压力方向(箭头 306 方向)进行位移。这样,如图 66 所示,外壳 B 的凸出部 221 越过外壳 A 的突出部 212 进行位移。结果使突出部 221 和 212 分开,外壳 B 从外壳 A 的后部伸出,可以沿 306 的方向移动。即外壳 B 的滑动不再受限制。但是,可以移动的范围是有限的,外壳 B 的台阶部 223 顶到后板 301 后不能再继续移动。并且,可以移动的距离最好是 2mm 左右。

在此状态下,外壳 B 被外壳 C 的夹持部 231 夹紧,使外壳 B 和外壳 C 连结成一个整体。这时外壳 A 仅从外部控制已连成整体的外壳 B 和外壳 C,对 B 和 C 的结合没有影响。

由于采用这种结合机构,所以,即使印刷板 304 产生一定位



移,其力量不会直接作用到背板 301 上。

另一方面,当拆开上述结合时,按箭头 307 移动外壳 C,则外壳 C 上的夹持部 231 的爪部将与外壳 B 的台阶部 224 相结合。因此,外壳 B 被外壳 C 拉向箭头 307 的方向(参见图 67)。

如果进一步沿箭头 307 的方向拉开外壳 C,则如图 67 所示,外壳 B 的突出部 221 将越过外壳 A 的突出部 212 进行移动。同时,外壳 C 的夹持部 231 将越过外壳 A 的锥部 213 进行移动,使外壳 C 不再夹持外壳 B。这样,外壳 B 回到初始位置,再次由外壳 A 来限制其移动。另外,外壳 B 和外壳 C 的连结被折开后,即互相分离。

2 个并行传输模块通过以上动作进行连结和拆开。

这时,外壳 C 内备有并行传输模块 LD,为了防止从模块 LD 发出的光信号射入操作者的眼内,如图 68 所示,最好装上屏蔽板 235。屏蔽板 235 装在外壳 C 的插入端部,借助固定在外壳 C 上的支持轴 236 来支持屏蔽板 235,并使其能自由转动。因此,当连结模块时,屏蔽板 235 被相对的模块压住而进入外壳内,当拆开模块时屏蔽板又回到原处。利用这一功能,可以防止光信号射入操作者的眼内。这里只不过表示屏蔽板 235 的开关机构的例子,也可以采用其他机构。

#### 〈实施例 9〉

下面,参考附图说明外壳结构的另一实施例。

图 69 是外壳结构图,它表示把 2 组光学元件阵列与外部连接器一起可动连接的结构。

图中,外壳结构由三个外壳 A、B、C 组成。外壳 C 内装 2 组并行传输模块 403。并行传输模块 403 是把由发光元件阵列或受光元件阵列组成的光学元件 403 和内装光纤阵列(参见图 71)的光连接器盒 402 连接成一个整体而构成的。在外壳 B 内以可拆卸方式装入 2 组插入式机构 407(带有压簧功能,可嵌合到光连接器盒 402 上)。另外,外壳 A 在外壳 C 和外壳 B 相结合之前,利用嵌合固定爪 408(它与嵌合固定锥部 409 相嵌合)与外壳 B 连接成一个整体。外壳 A 在外壳 B 和外壳 C 嵌合后,嵌合固定爪 408 脱开,使外壳 A 脱开外壳 B、C。

图 70A—图 70C 是说明外壳 B 与外壳 A 的销紧和脱开的模式图。

在图 70A 中,外壳 C 和外壳 B 相结之前,固定爪 408 与固定锥部 409 互相咬合。但是,之后,固定爪 408 越过固定锥部 409(图 70B),外壳 C 与外壳 B 相结合。这时,固定爪 408 的可动量  $L$  约为 2mm,外壳 A 和外壳 B 处于非结合状态(图 70C)。

在图 69 中,已连接光纤线 423 的多芯光连接器 402' 与 2 组插入机构 407 相连接。而且,多芯光连接器 402' 通过插入机构 407,可一起从外壳 B 中拉出。

另外,装在外壳 C 内的 2 组光模块所具有的光元件 403,其中最好一组是 LD 阵列,另一组是 PD 阵列。各光模块单独固定到印制板 401 上。另外,外壳 B 与并行传输块分开、单独固定到后板 410 上较

好。

外壳 C 的结构分上下两个部分,当把光模块装入内部后把上下两个部分合在一起(参见图 68)。

另外,光模块箱体部有定位用的凹部或凸部。把这些凸部或凹部嵌合到外壳 C 的对应部位上。这样可使光模块和外壳 C 的互相定位提高精度,装配工作简单易行。

对 2 组或多组光模块,其箱体的凹凸部也可以采用不同的形状。这样,可以准确无误地插入和安装多组光模块。

更详细地讲,就是外壳 C 最好是由底座和盖板两部分构成,在底座上最好设计成凸起部(用于对光模块前端的光纤阵列部进行定位),使凸起部与 LD、PD 用阵列部的凹部相咬合,从上部插入进行装配后,再安装盖板。

盖板最好用金属制成,为便于散热,再装上散热片,形成为内部散热体的导热部分。

外壳 A 的结构最好是能容纳外壳 B,固定爪 408 离开时,在轴向上能保持 0—2mm,最好是 2mm 以上的行程。这样即使有某种程度(例如,±1mm 前后)的移动,印制板 401 的位置也能与光模块和多芯光连接器 402' 紧密结合。

该光连接器最好是多芯的,而且是推挽式的。其内部有弹簧对导向销钉结合式套圈加压力,利用四周的喷射来解除结合状态。

本实施例的外壳机构基本上能广泛适用于并行传输模块。其详

细结构是,光纤阵列的一端与模块光学系统(光元件)相接合,另一端与光连接器相结合。

图 71 是表示并行传输模块(位于本实施例的外壳机构内)基本结构的模式图。

图中,光纤阵列本身有两个端面,一个是位于模块端部,与模块内部的光元件相耦合的模块内部耦合端面;另一个是与外部光连接器相耦合的外部连接器耦合端面。另外,在外部连接器耦合端面上有设置着具导向销钉 422,以及由模块内耦合端面一侧的上下板 415、416 所构成的定位构件及其周围的金属法兰盘(图中未示出)。

光纤 412 在两端面由下板 416 和上板 415 进行定位,光纤 412、上下板 415、416 以及金属法兰盘用焊料和低熔点玻璃等密封材料进行固定,形成一个整体。另外还有导向销钉 422 和导向销钉槽 414。这时,导向销钉 422 可利用光纤阵列 411 一侧的光纤定位材料进行固定,或者,在光连接器 402' 一侧设置导向销钉 414,只要将导向销钉固定到槽内即可。

另外,光纤 412 位于光纤槽 413 内。

光纤阵列用密封材料严格密封,而且对两端面进行研磨。这些处理尤其重要。

密封材料可采用适合光纤玻璃焊接的焊料、低熔点玻璃,或者在通常的  $Pb-Sn$  合金内添加  $Zn$ 、 $Sb$ 、 $Al$ 、 $Ti$ 、 $Si$ 、 $Cu$  等。这些材料对光纤阵列内部零件的密封非常重要,另外,对光纤阵列和模块内各种光

元件等的可靠性也很重要。

为了密封光纤阵列,可利用焊料槽从光纤阵列的前端等处注入密封材料,这时最好一边加超声波,一边注入。这时如果在金属法兰盘上设置窗口(图中未示出)或光纤露出部,则可在该位置上夹紧光纤的上下板。

设置这种窗口或光纤露出部,其效果是,由于间隙扩大,所以能阻止焊料上升,能控制光纤位置。

另外,最好在下板 416 上设置壁板(图中未示出)。该壁板、下板 416 最好利用 Si 和玻璃或 Si—Si 的固相结合方式而形成。并且该固相结合既可采用阳极接合法,也可用 Si 和 Si 直接接合法。

在下板 416 和硅表面上制作氧化膜有助于和上板 415 及焊料相粘接。

为了使光纤 412 容易粘附焊料,最好涂敷金属层或碳层,提高可靠性。

光纤 412、上下板 415、416 和金属法兰盘最好大体研磨成同一平面。在端面研磨时,如果上板 415 的拉伸弹性模量较小,则容易研磨。

另外,光纤 412、上下板 415、416 如采用比金属法兰盘部分向外突出的结构,则容易研磨。

图 72 是说明发光受光模块(内部有光纤阵列,外部有金属法兰盘)的模式图。

图中,422是导向销钉,411是光纤阵列,417是定位部,418是集成电路部,419是端子,420是阵列透镜,421是LD或PD阵列。

如图72所示,金属法兰盘(图中未示出)装在光纤阵列411的周围(光纤阵列装在连接器盒402内)。另外,导向销钉422固定在光纤阵列411的前端,借助导向销钉422与光连接器402'等连接。在后端,通过阵列透镜420来连接LD或PD阵列420、集成电路IC418,利用端子419与其他光学机构等相连接。

再者,把金属法兰盘等安装到光纤阵列411上,由于固定在模块上,所以如图69所示,变成光连接器盒402。

另外,光纤阵列和光元件(LD或PD阵列、透镜阵列和光波导等)的接合,在对准中心后可用粘合剂固定,也可用焊料或YAG激光器焊接到光模块的盒子上,也可利用导向销钉。

光纤阵列的端面的角度,相对光轴方向不限于垂直方向,也可研磨成斜面。这样可以斜角结合(例如 $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$ ),也可在端面上涂敷无反射层。

本实施例的光纤阵列是用上下板来对光纤定位的,但也可不用光纤,而用在石英板上形成的光波导(放在光连接器盒内)。根据需要在光波导上制成导向销钉槽即可。

做成光波导时容易进行密封等处理,当需要变换元件和光连接器的间距时也比较容易。另外,也可在连接器盒内增加合分支、合分波功能。

## 制造实例

作为一个例子,把 12 通道的 LD 阵列和 12 通道的 PD 阵列各一组分别装入 1 组模块内,与 2 组 12 芯的单模光连接器的推挽结合通过背板进行。

首先,利用聚苯硫化物(PPS: polyphenylene sulfide)塑料来形成外壳 C,

盖板用金属制作,为提高散热性,装上散热片。另外,为便于传导内部模块的热量,用热导体来连接盖板和模块。

通过安装盖板使这些部分更容易接触。

外壳 C 由基座和盖板组成,在基座上有凸起部分,用于对光模块前端的光纤阵列进行定位。该凸起部分分别与 LD 和 PD 阵列的凹部相咬合,这样可从上方插入进行装配,然后装上盖板。

外壳 A 内装有外壳 B,通过开锁脱开,在轴向上可有 2mm 行程。这样,印制板的位置即使前后移动 $\pm 1\text{mm}$ ,也不用对背板加压力,能使光模块和多芯光连接器相结合。外壳 A、B 均用 PPS(聚苯硫化物)塑料制成。

多芯光连接器的推挽方式是在内部用弹簧对 12 芯导销结合式的套圈加压,利用四周的喷射使结合脱开。

12 芯的多芯光连接器的间距为 12mm,另外,离开外壳 C 的印制板上的高度,考虑到装配需要,将其控制在 9mm 以下。

利用该结构进行了 500 次装卸试验,其损耗变动为 0.4dB 以

内,这对使用完全没有问题。

另外,利用该结构,可以使光发射接收模块和多芯光连接器相对背板单独进行结合,使作业效率大大提高。

再者,发射接受实现了一体化,安装面积减小,现场使用方便。

如上所述,本实施例的外壳结构可把一体化的多组光纤阵列以可动方式一起与外部连接器进行连接,可以简化连接过程。

另外,各实施例1—9分别单独进行了说明,这只不过是为了便于说明,实际上各实施例互相关系密切。在一个实施例中说明的结构要素也可用于其他实施例,并且也可以组合使用。

本发明的光纤阵列,由于利用耐热性粘合剂来涂敷作为涂敷部的芯部和作为玻璃部的光纤部这二者的边界部分,所以,该芯部在用焊料固定时能防止受热引起损坏。

本发明的并行传输模块是把具有多个光传输系统的模块主体和具有多根光纤的光纤阵列二者结合成一个整体,它使用方便,不需要像先有技术的产品那样占有很大安装场所。

再者,本发明并行传输模块的制造方法是把固定在模块内的光纤阵列的两端面用焊料完全密封,所以,并行传输模块可在高气密状态下封口,模块内的透镜和光元件等可获得充分的保护。

另外,本发明的外壳结构可以通过固定在隔板等上的外壳直接与并行传输模块和多芯光连接器进行连接,并且连接和拆开都很容易,能大大提高工作效率。



# 说明书附图

图1

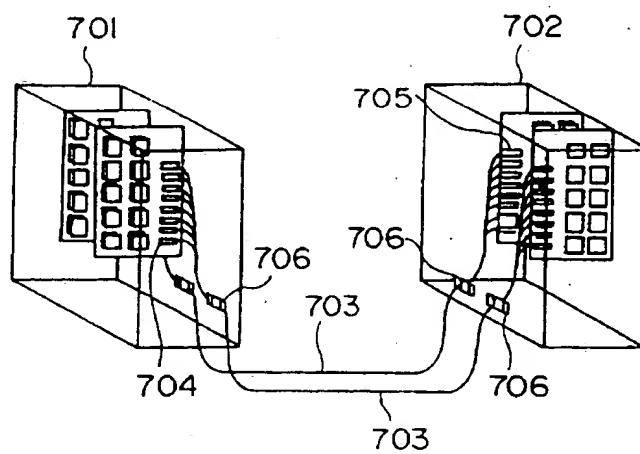


图2

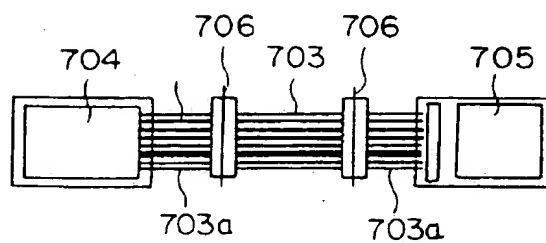


图 3

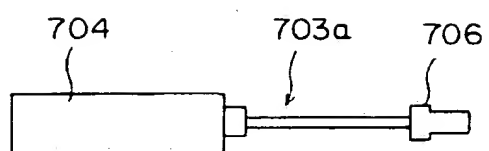
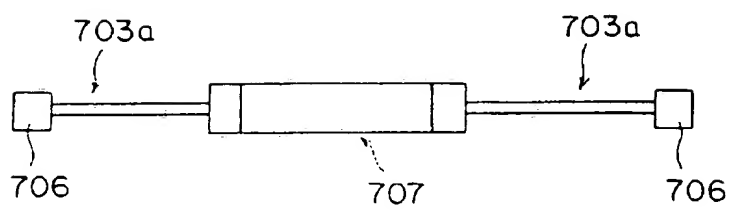


图 4



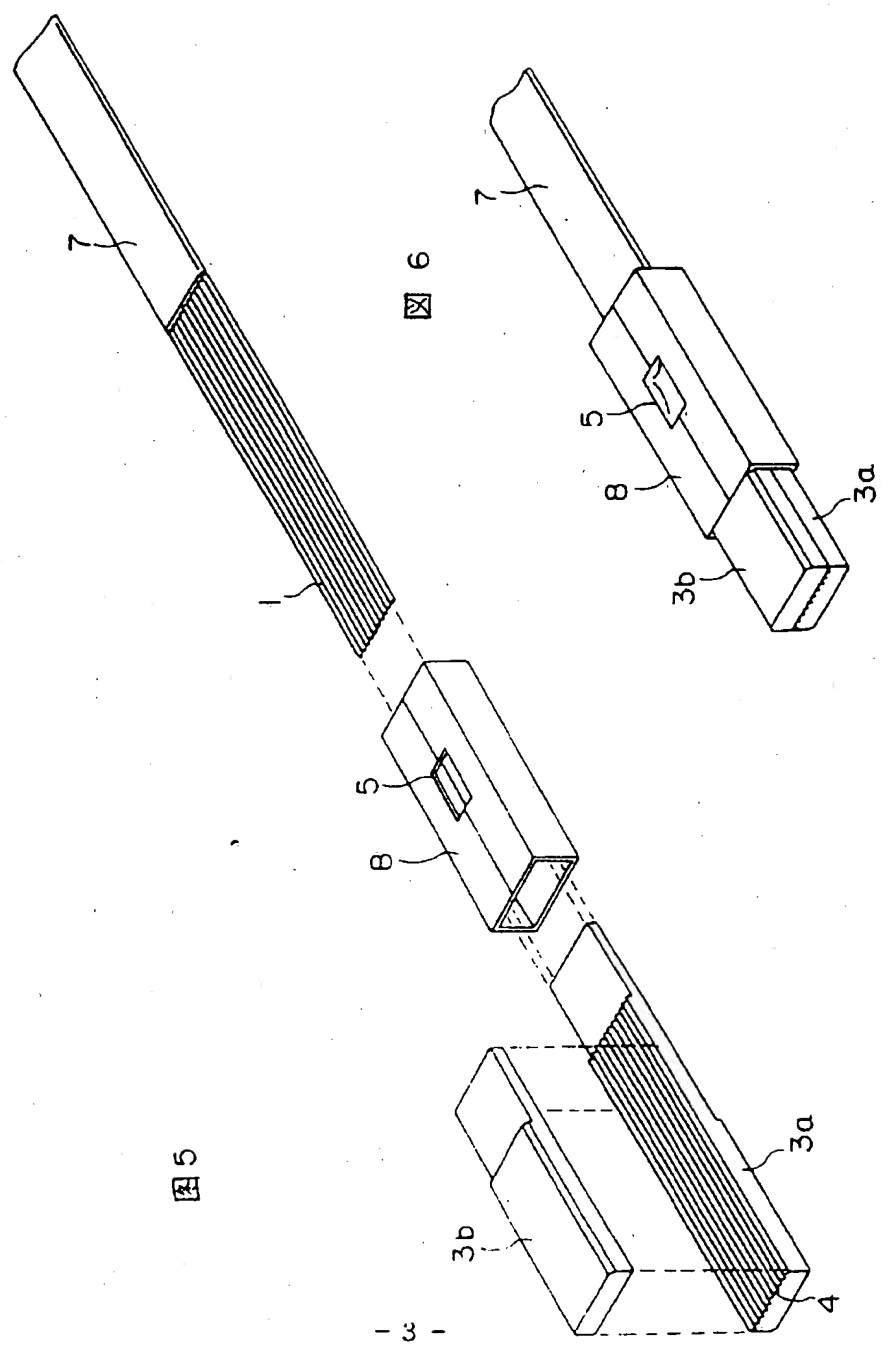


图 5

图 6

图 10A

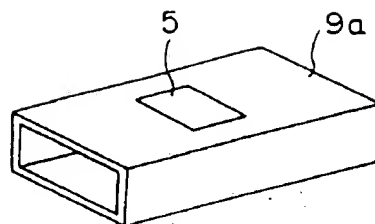


图 10B

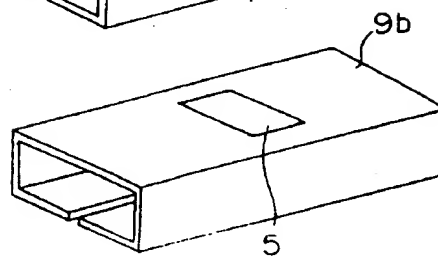


图 11

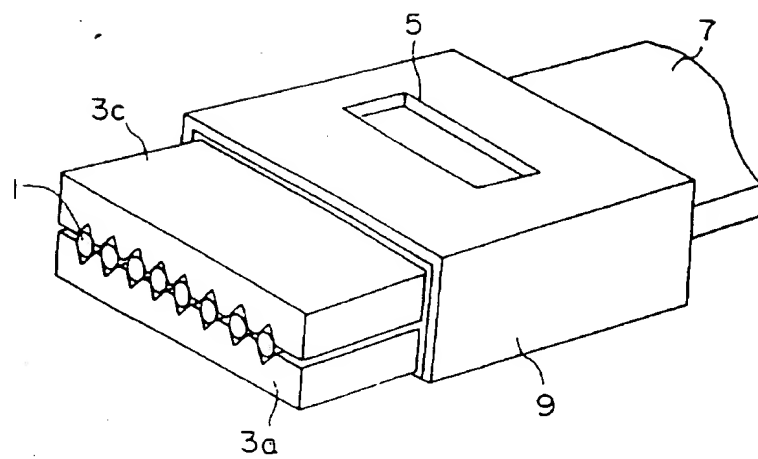


图12A

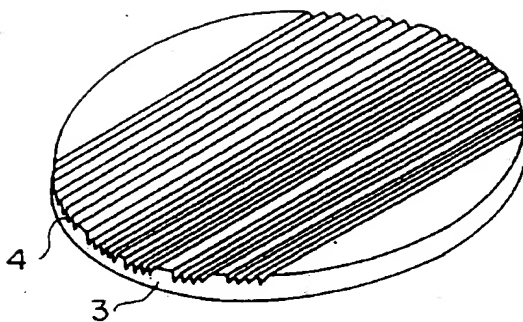


图12B

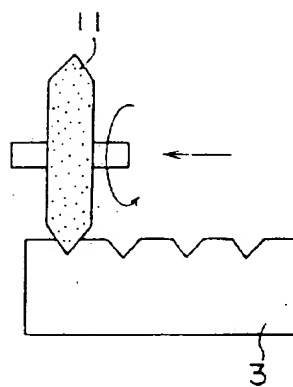


图12C

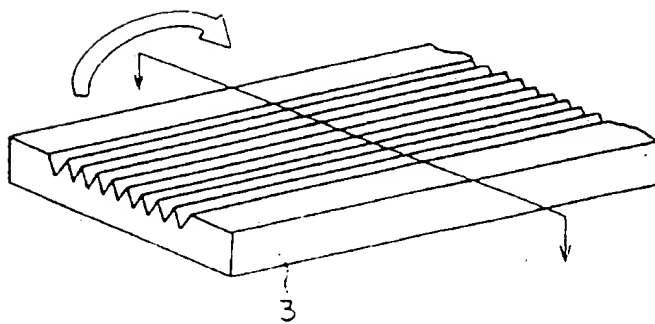


图 13

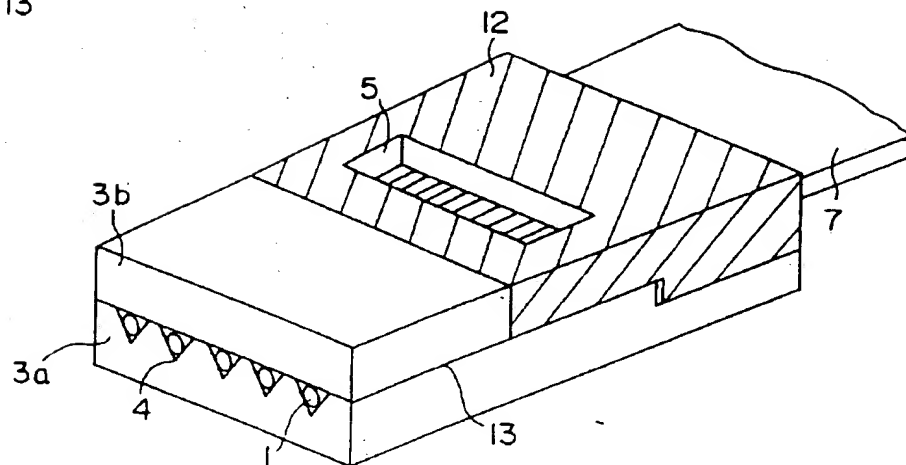


图 14A

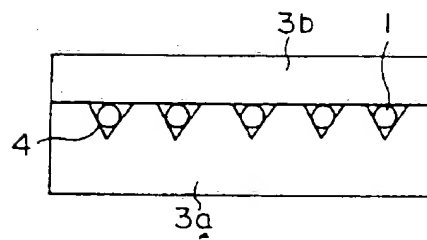


图 14B

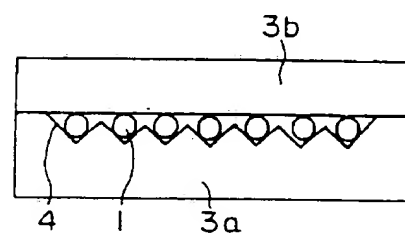


图 14C

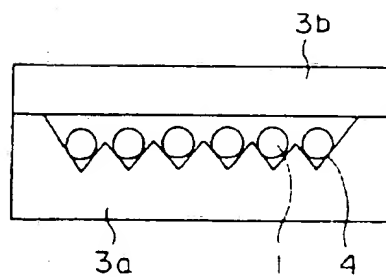


图 14D

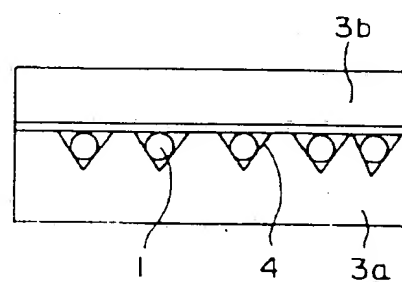


图15A

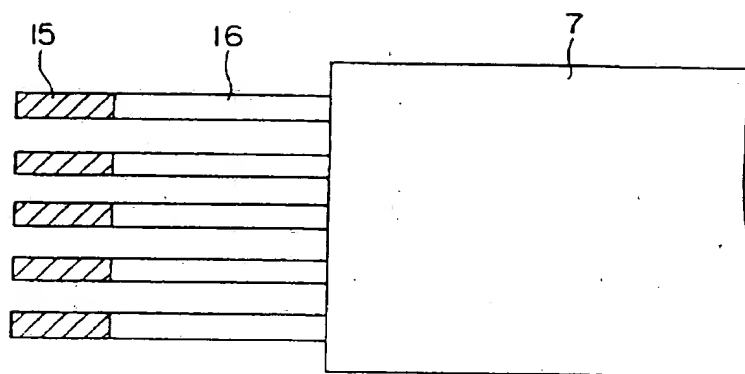


图15B

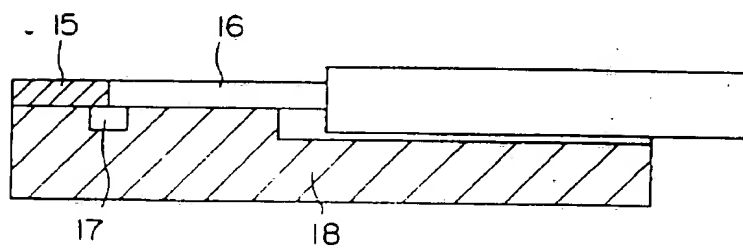


图16A

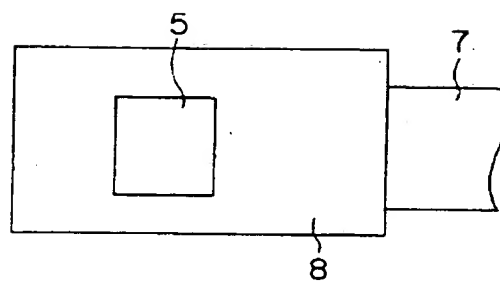


图16B

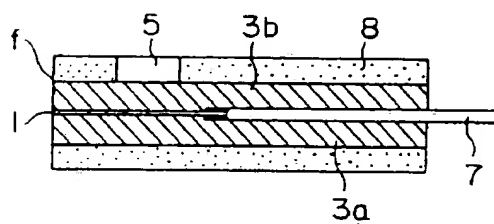


图16C

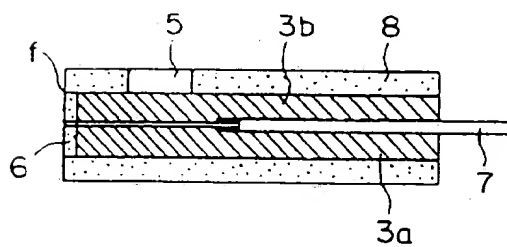




图17

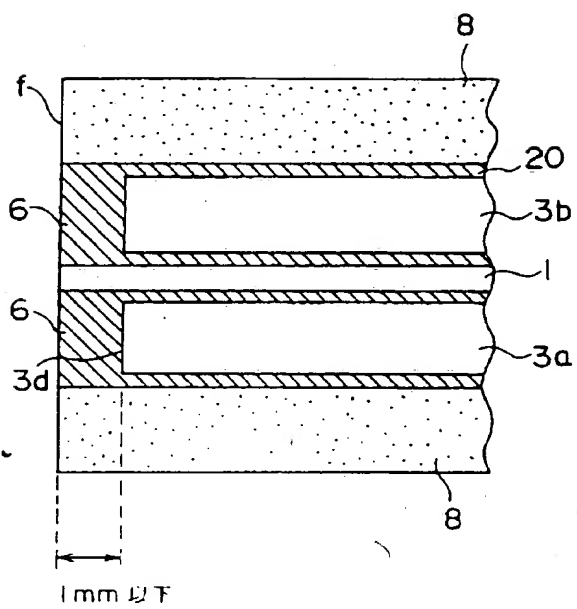


图 18A

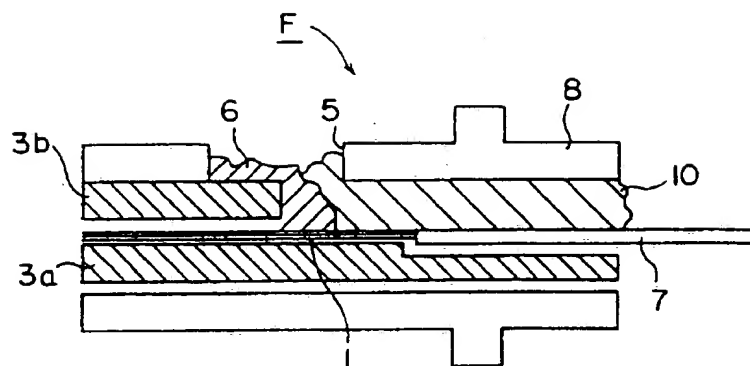


图 18B

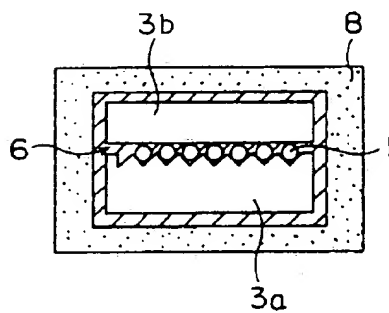


图 18C

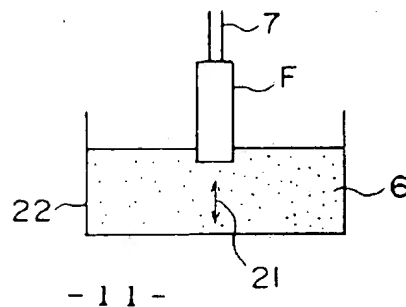


图19A

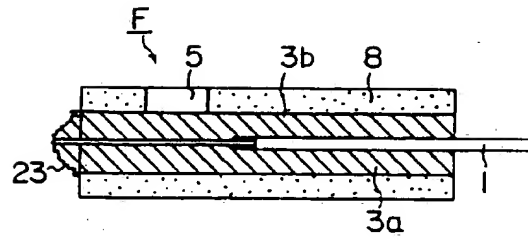


图19B

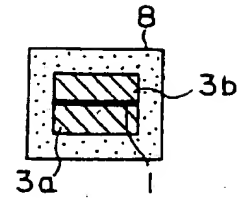


图20

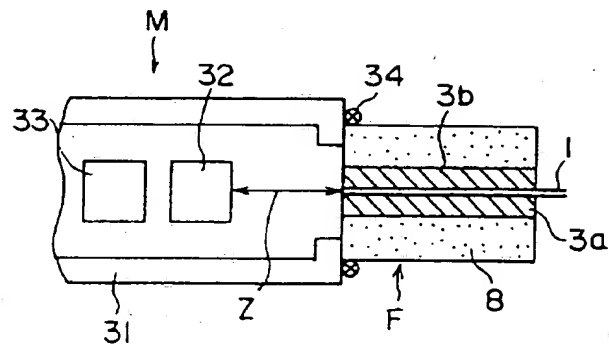


图21

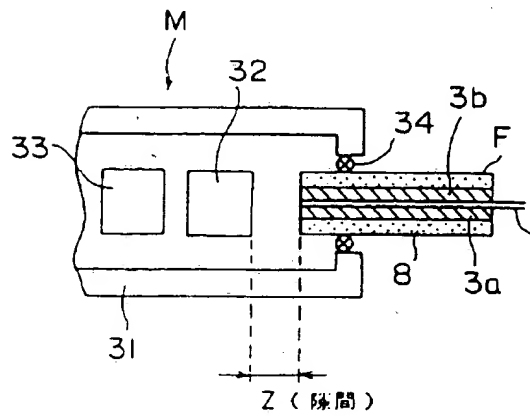


图 22 A

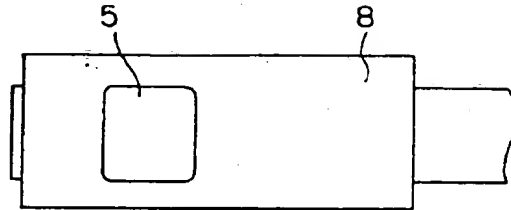


图 22B

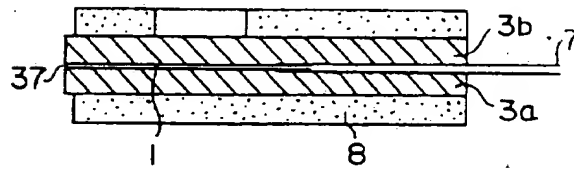


图 22C

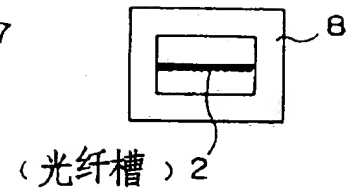


图 23A

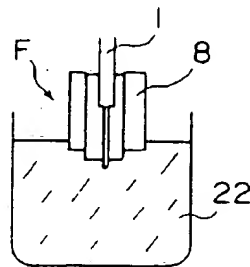


图 23B

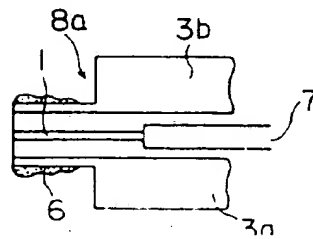


图24A

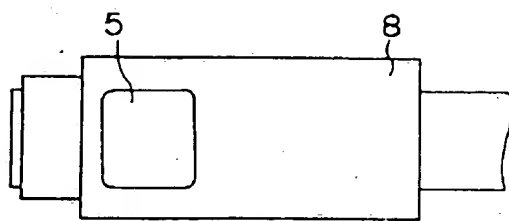


图24B

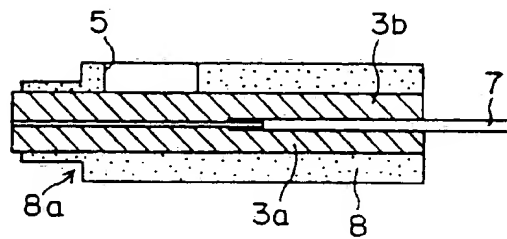
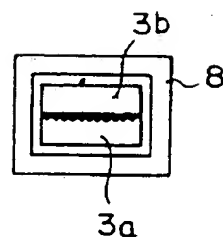


图24C



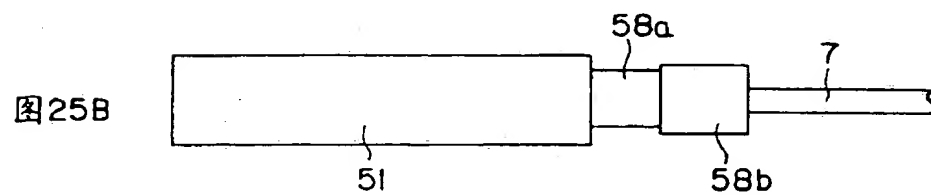
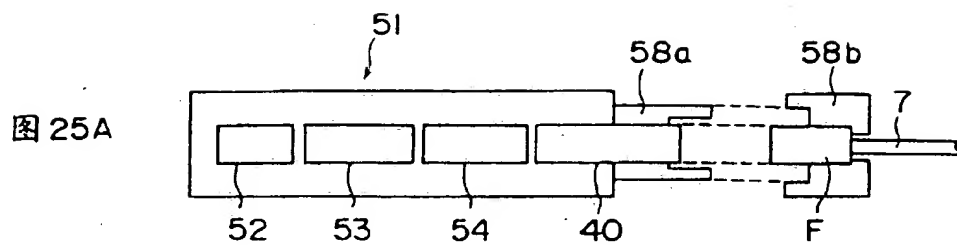


图 26

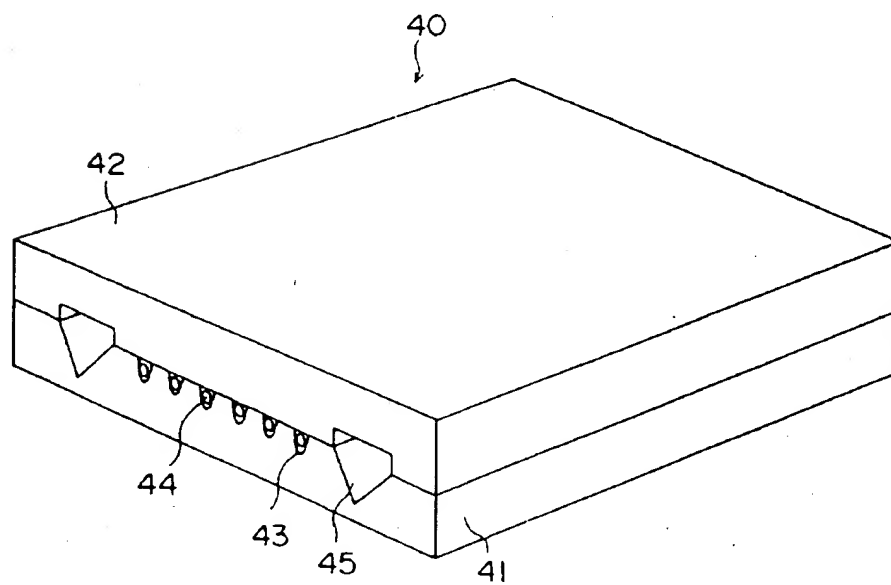


图27A

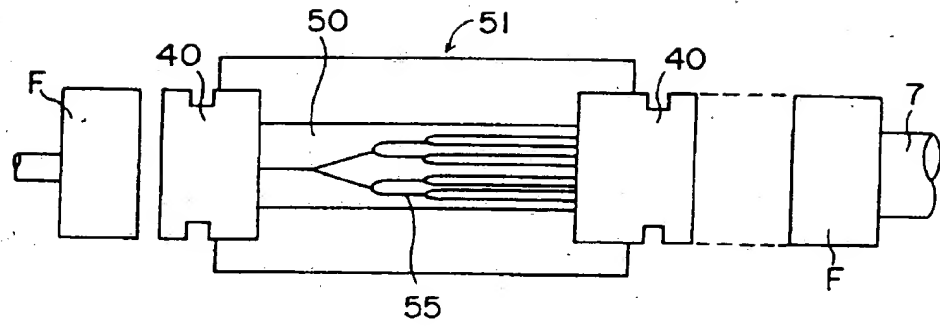


图 27B

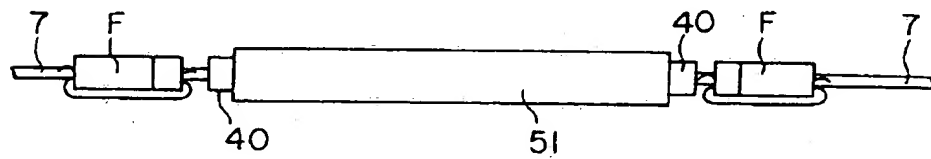


图 28

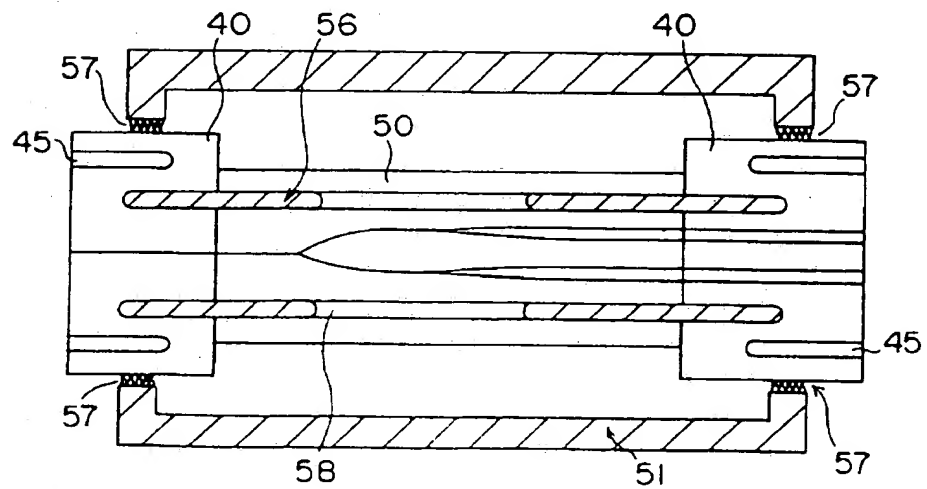


图29A

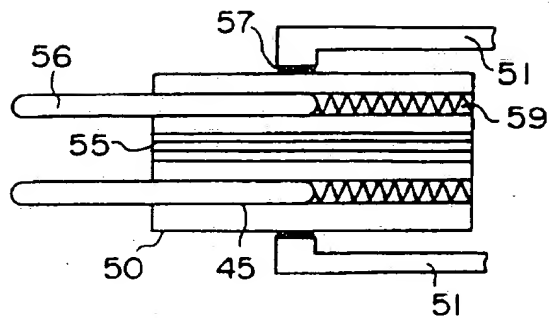


图29B

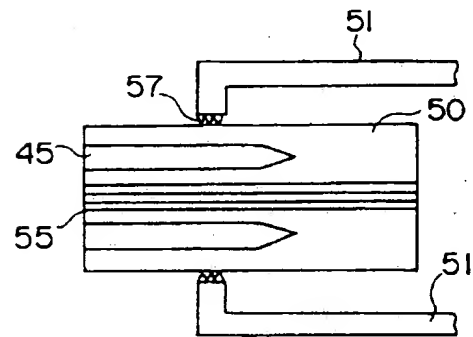


图29C

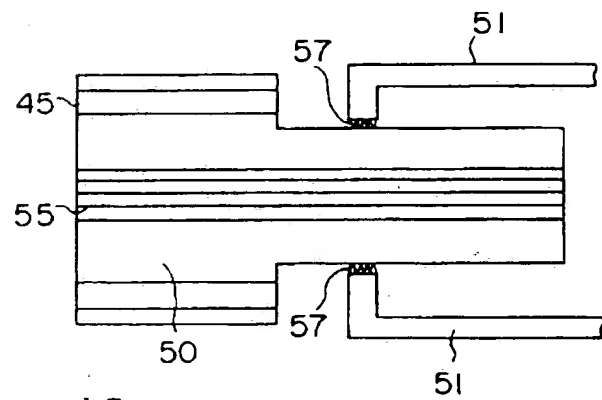




图30A

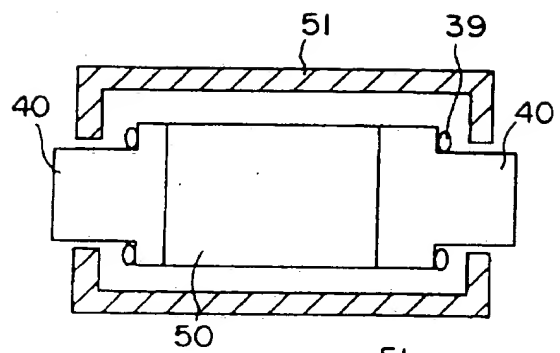


图30B

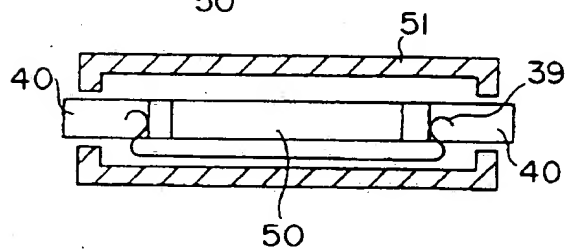


图31

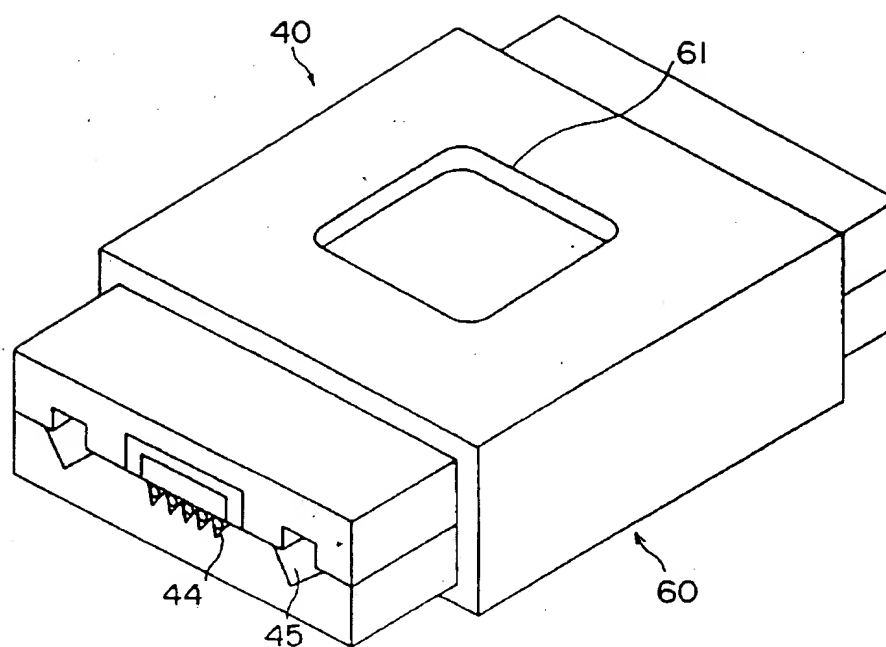


图32

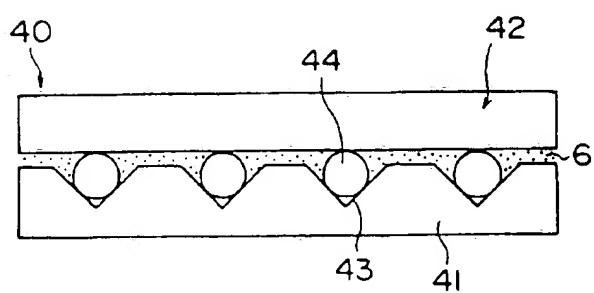


图 33

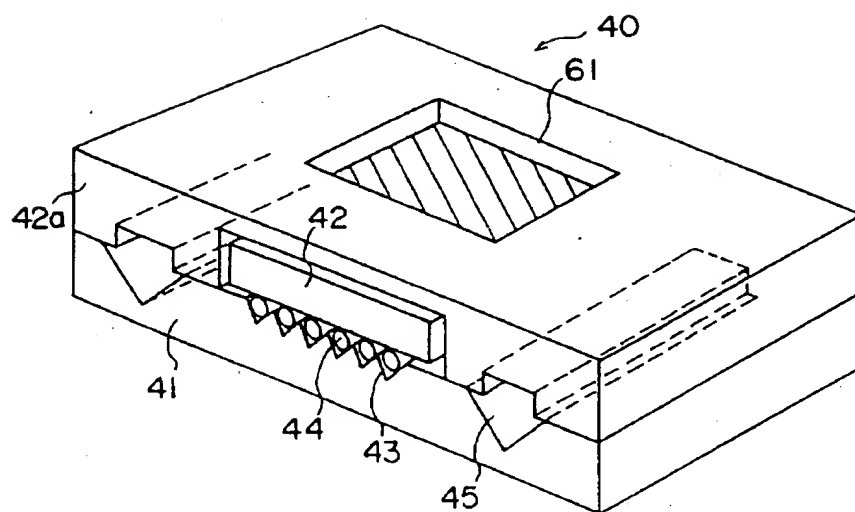


图 34

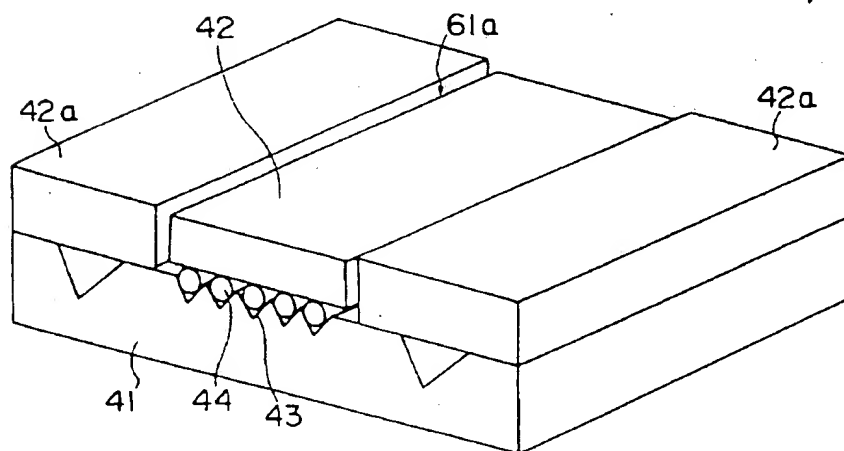


图35A

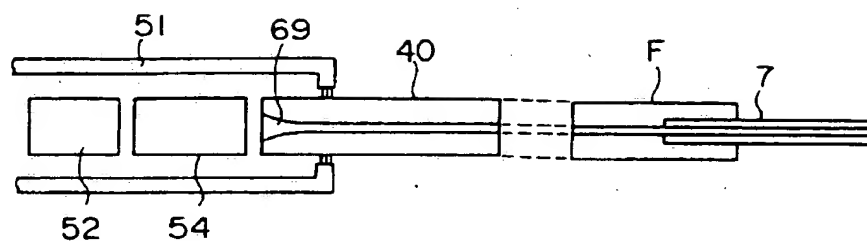


图35B

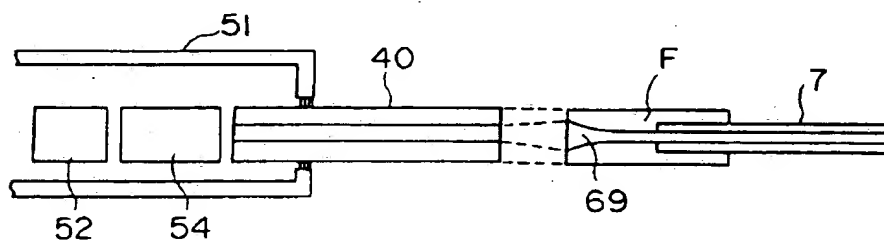


图35C

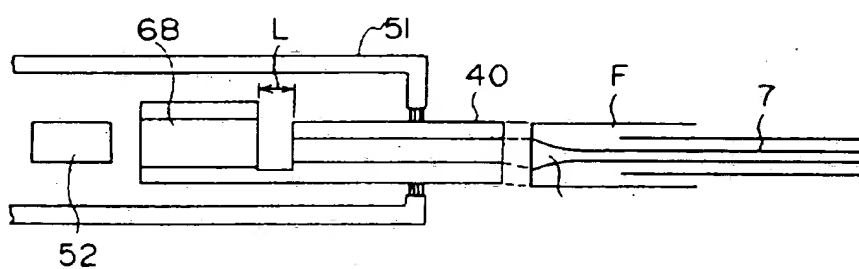


图 35D

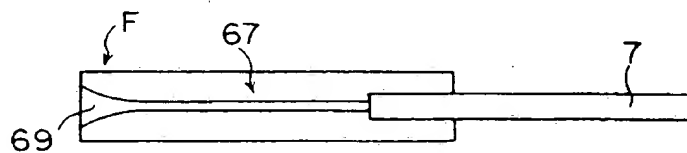


图36A

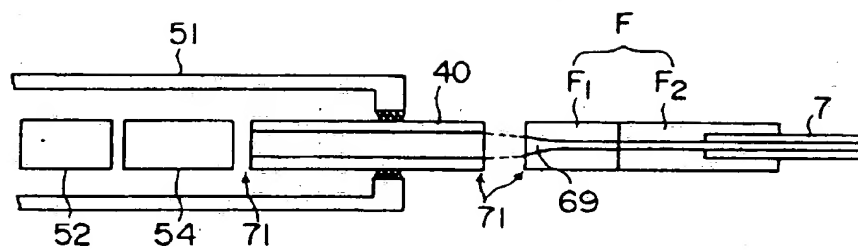


图36B

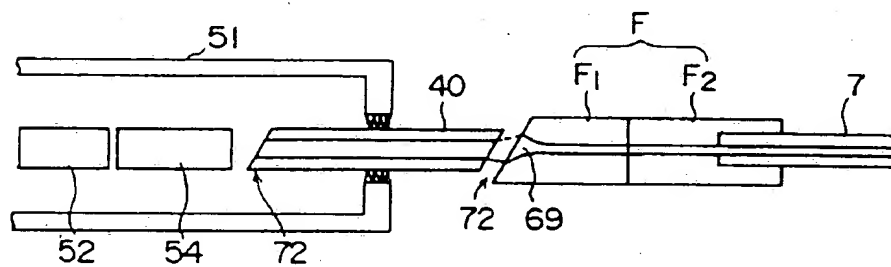


图 37

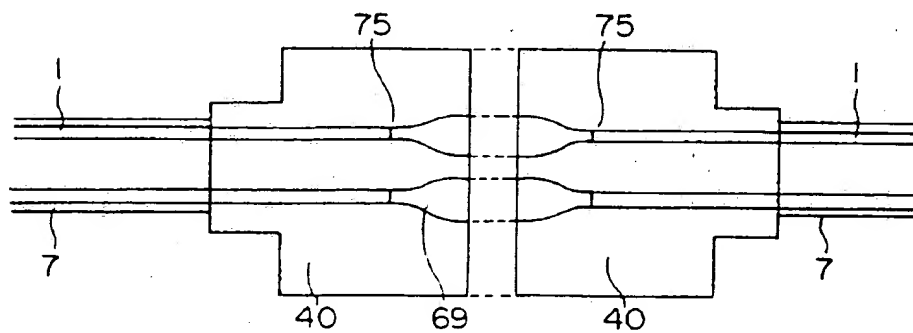


图38

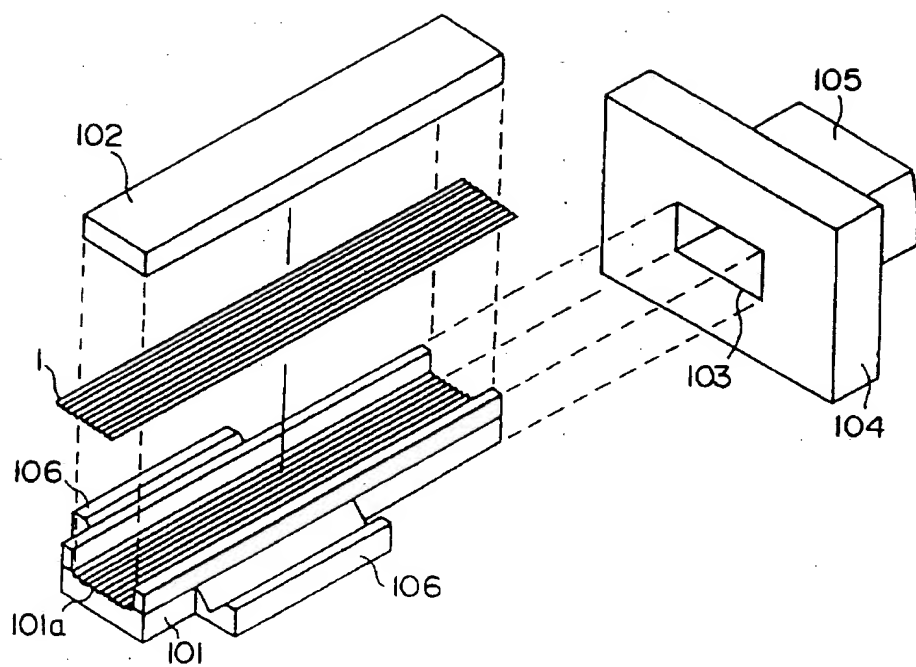


图39

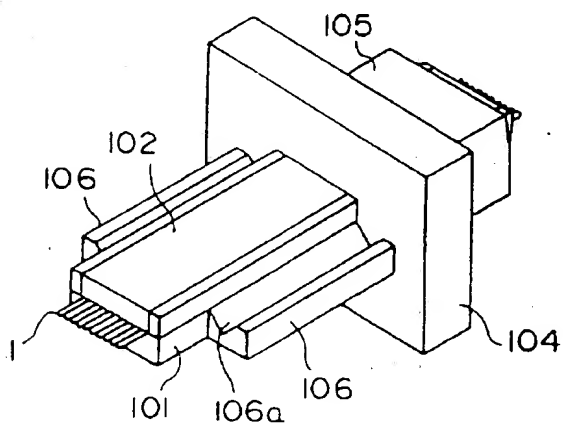


图40

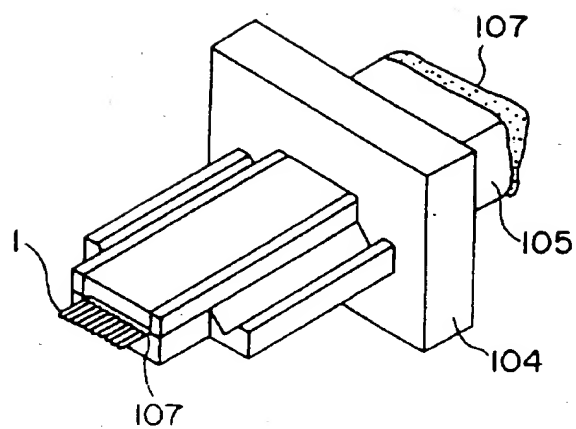


图41

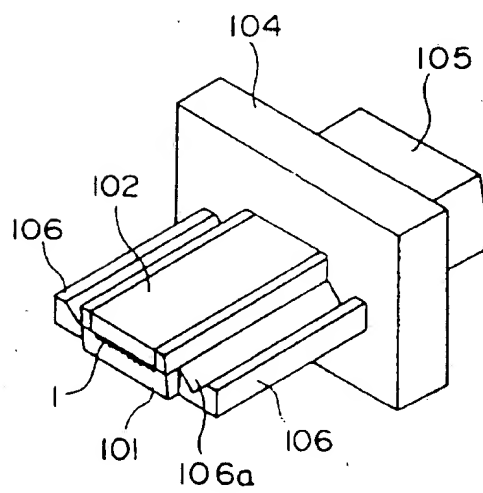


图42

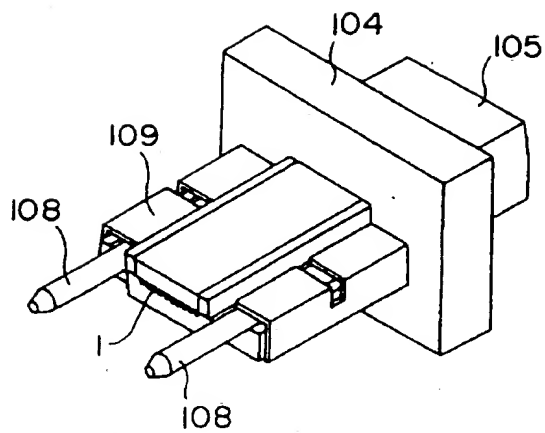


图43

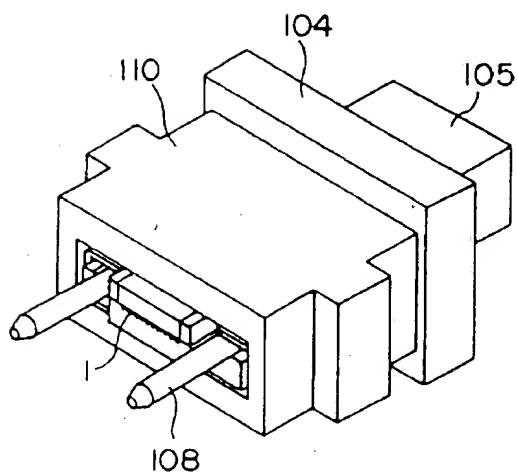




图44B

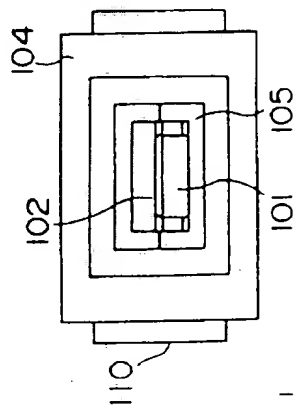


图44A

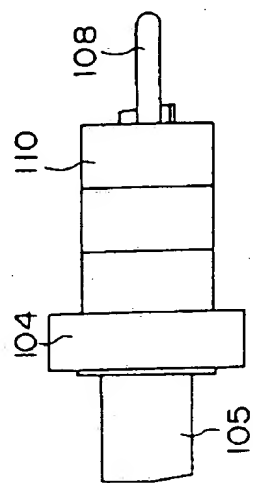


图44D

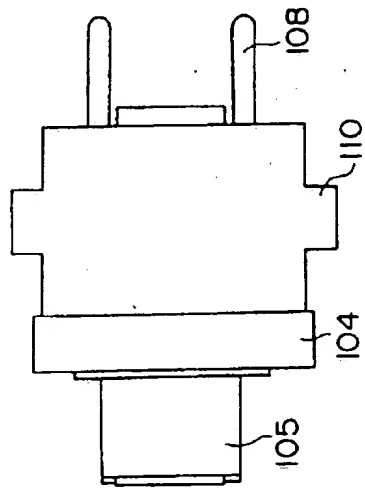


图44C

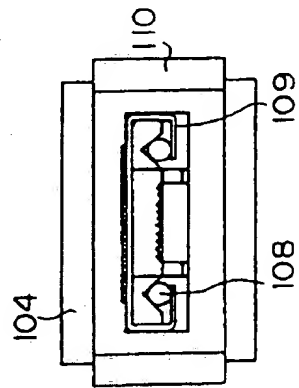


图 45

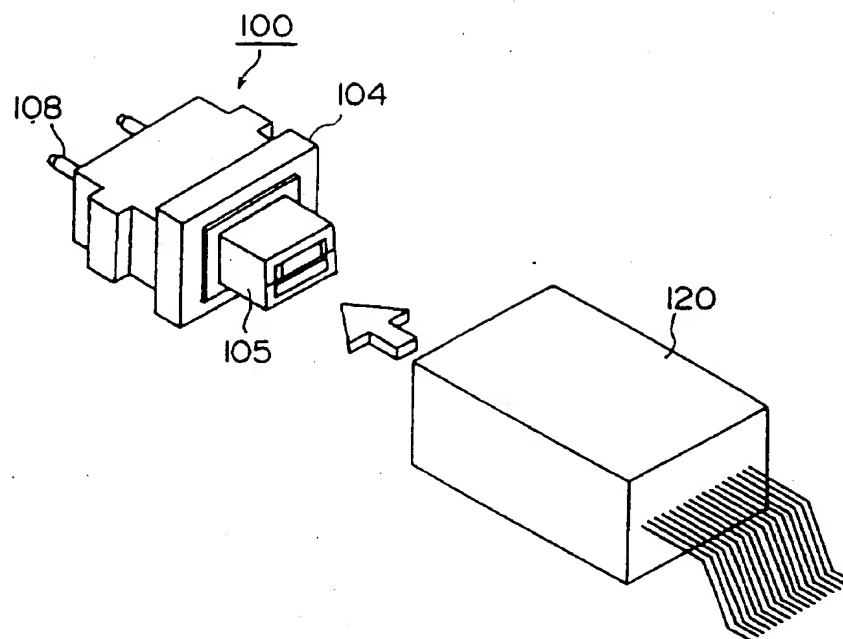


图 46

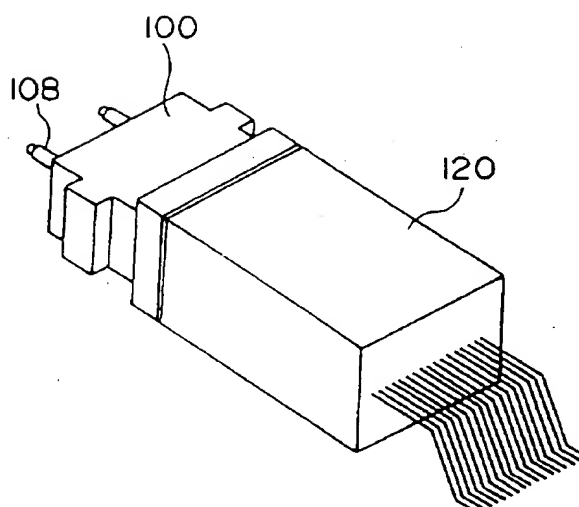


图 47A

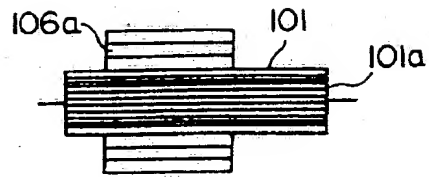


图 47C

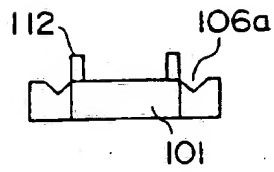


图 47B

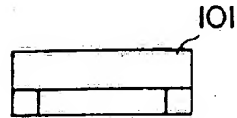


图 47D

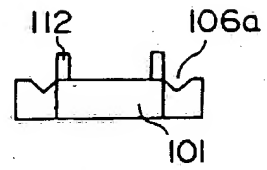


图 48A

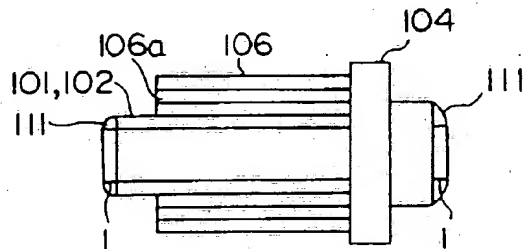


图 48C

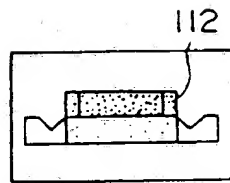


图 48B

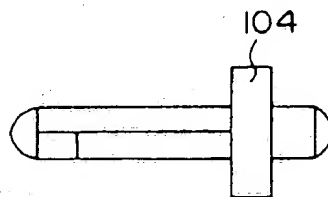


图 48D

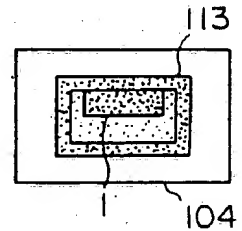


图 49

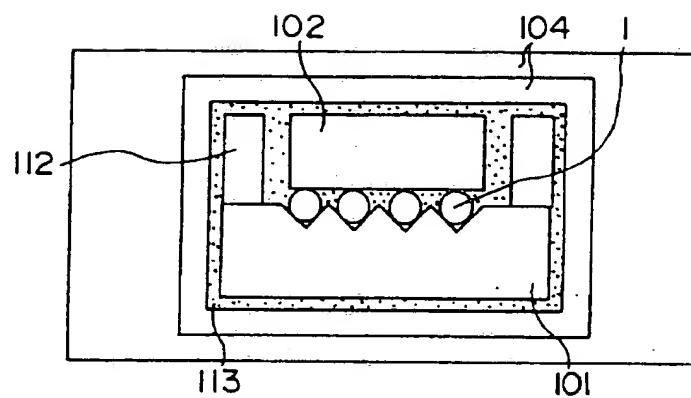


图 50A

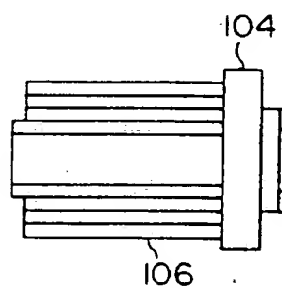


图 50C

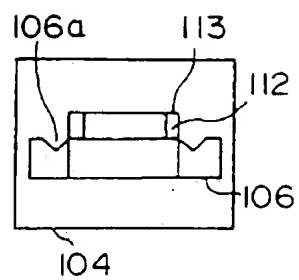


图 50B

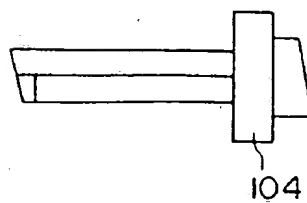


图 50D

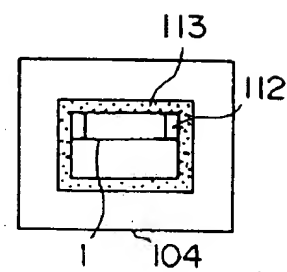


图 51A

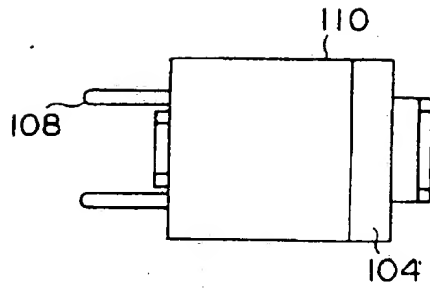


图 51E

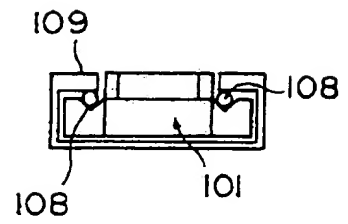


图 51C

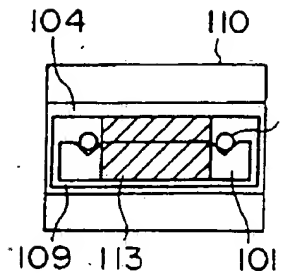


图 51B

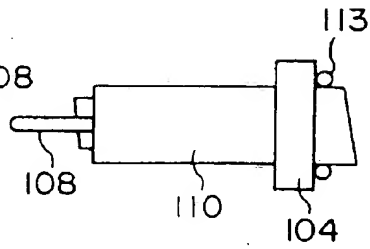


图 51D

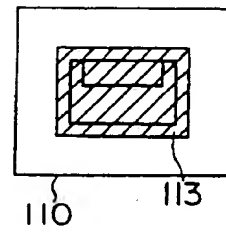


图 52A

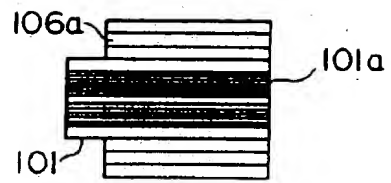


图 52C

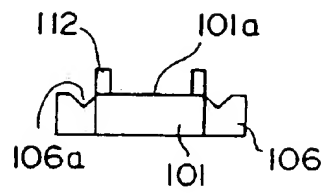


图 52B

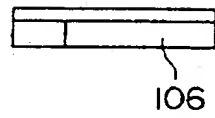


图 52D

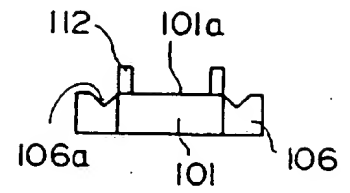


图 53A

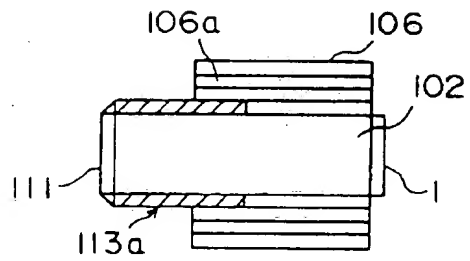


图 53C

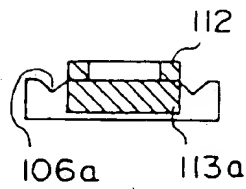


图 53B

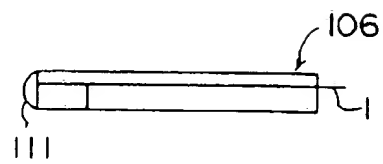


图54A

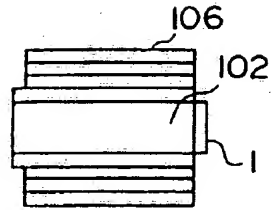


图 54C

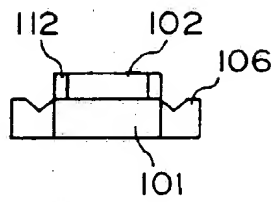


图 54B

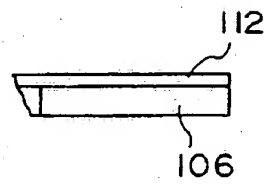


图55A

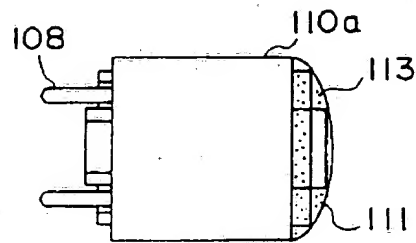


图 55C

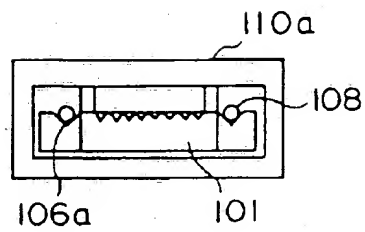


图 55B

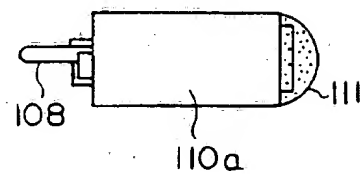


图56A

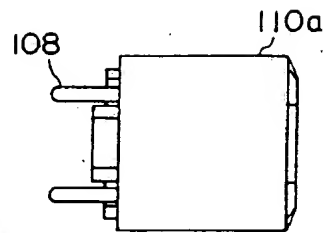


图56C

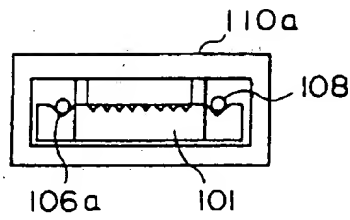


图56B

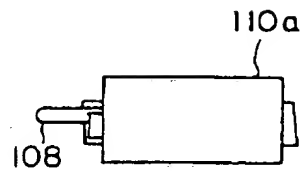


图57

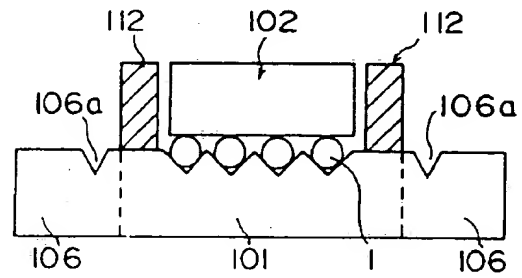


图58

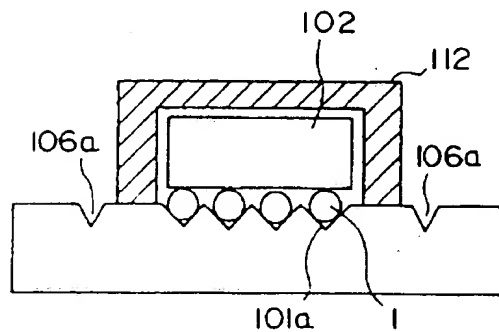




图 59

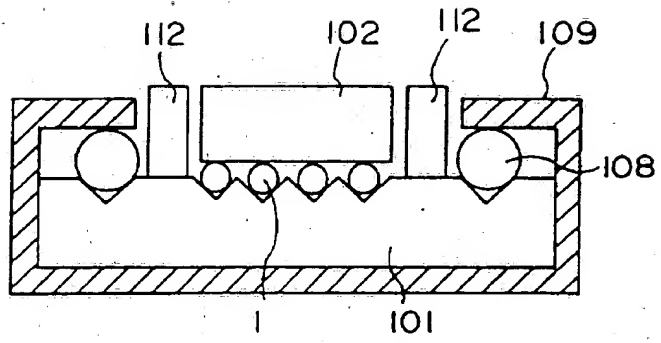


图 60

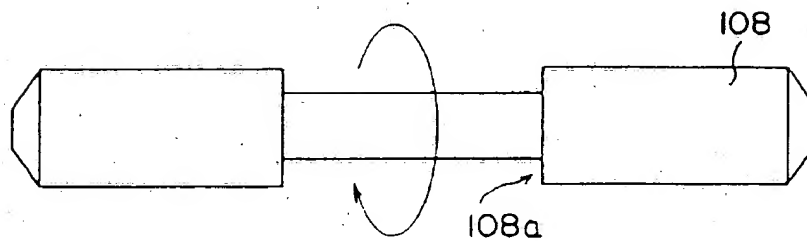


图61

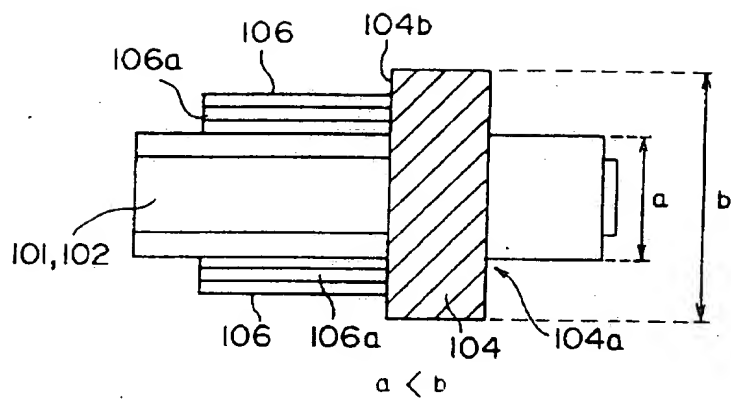


图62A

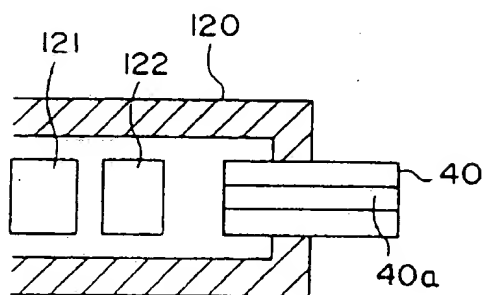


图62B

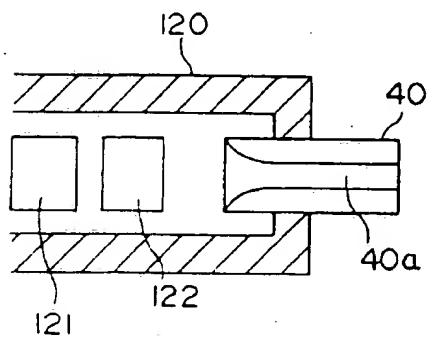


图 63

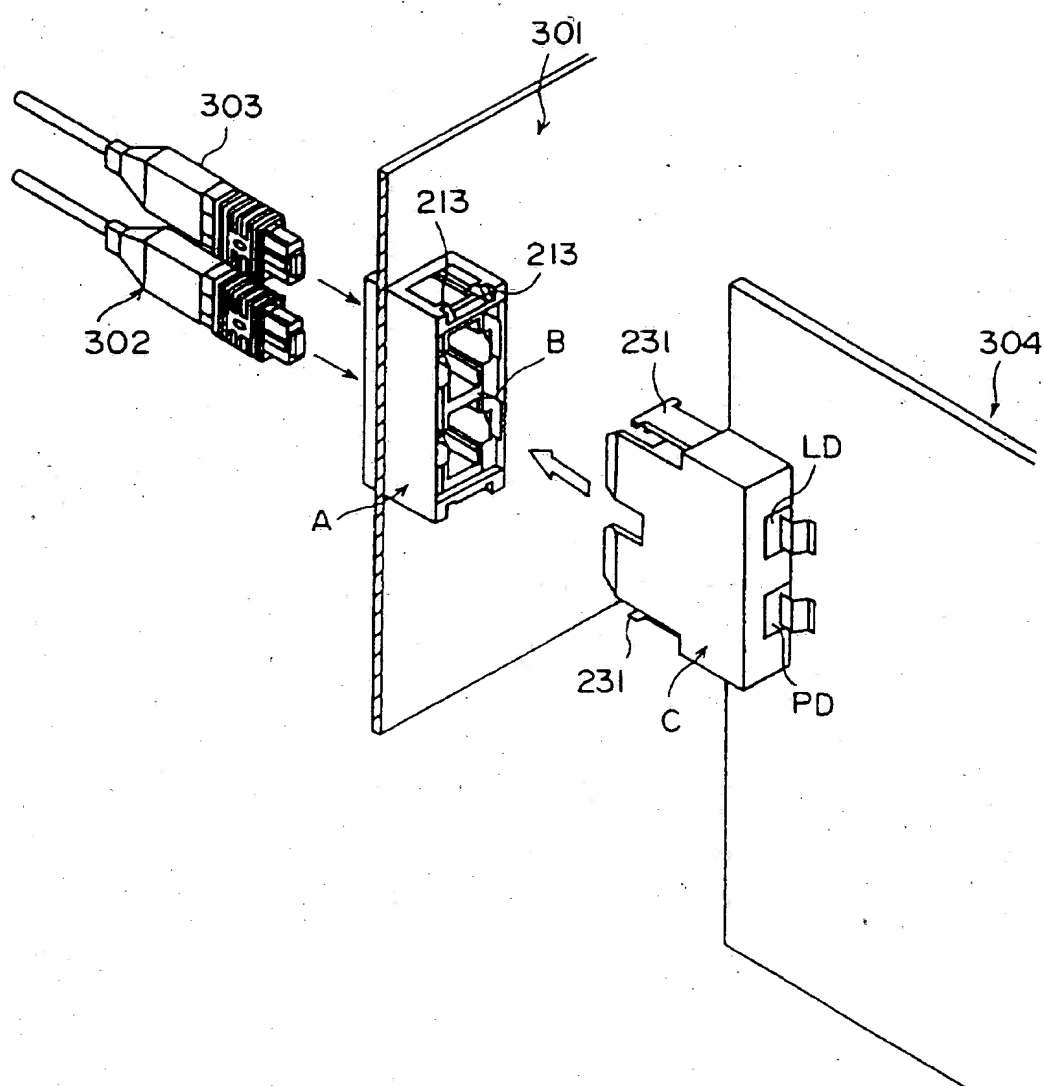


图64

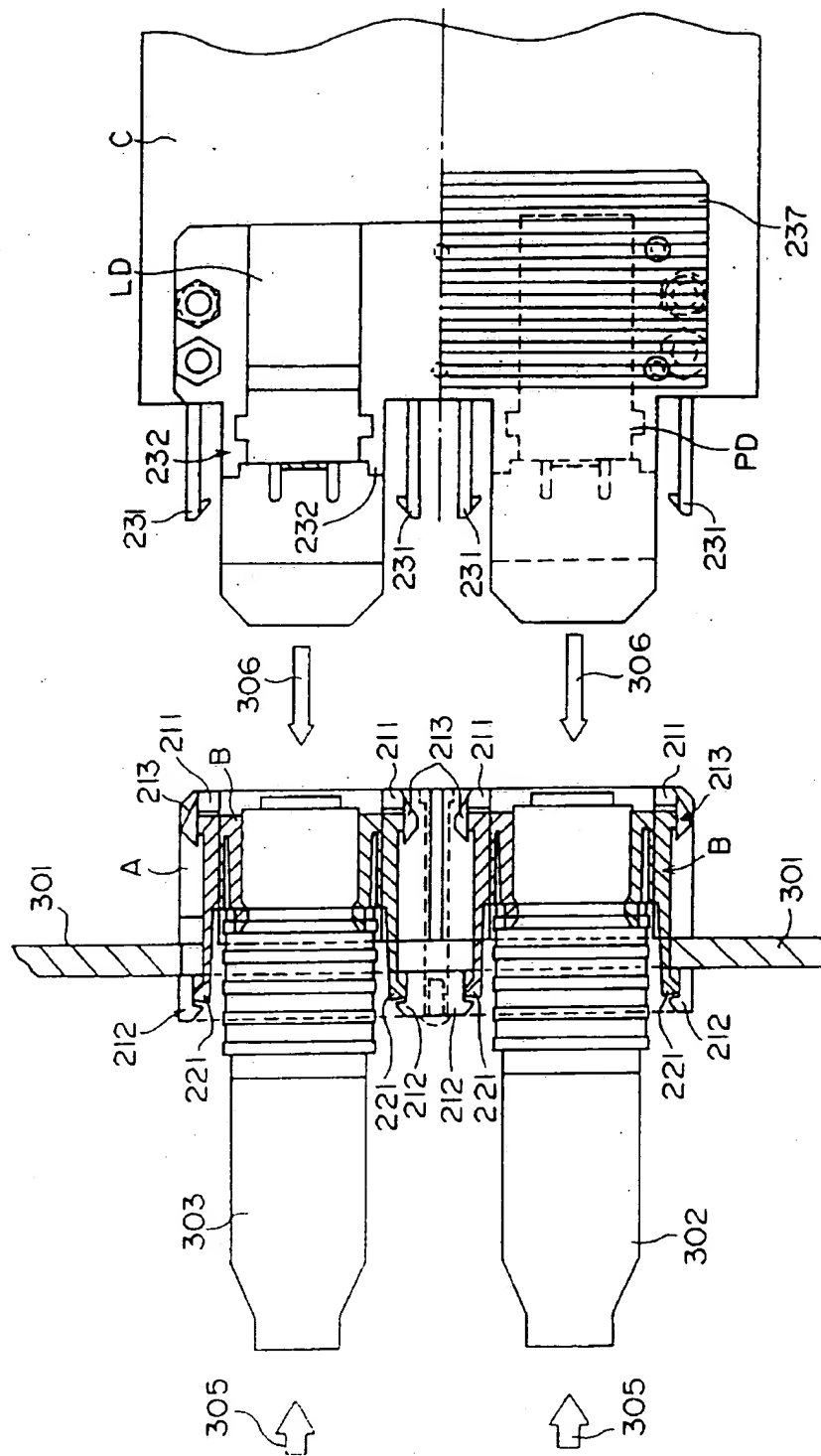


图 65

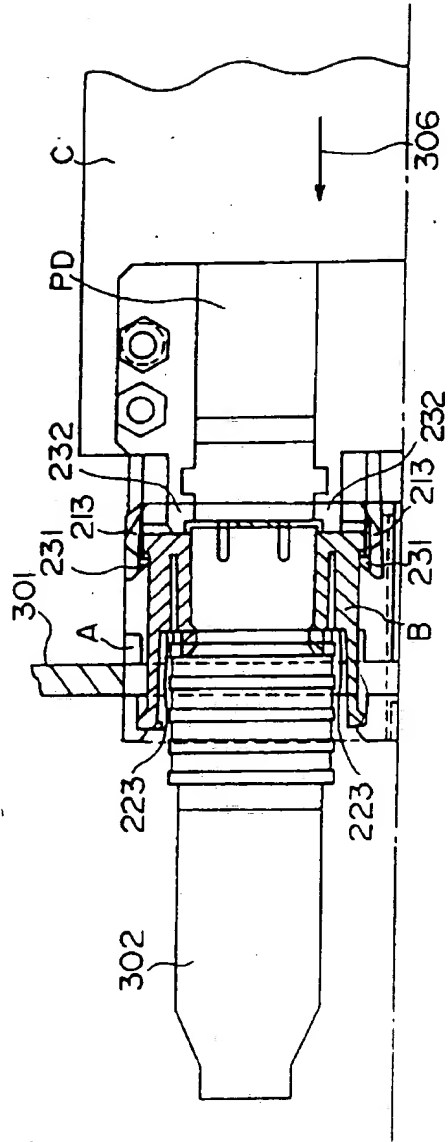


图 66

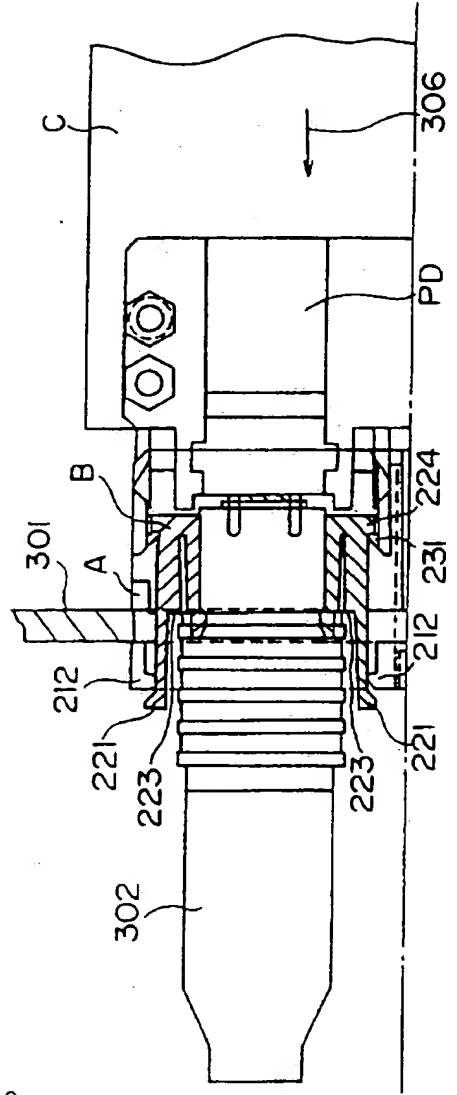


图67

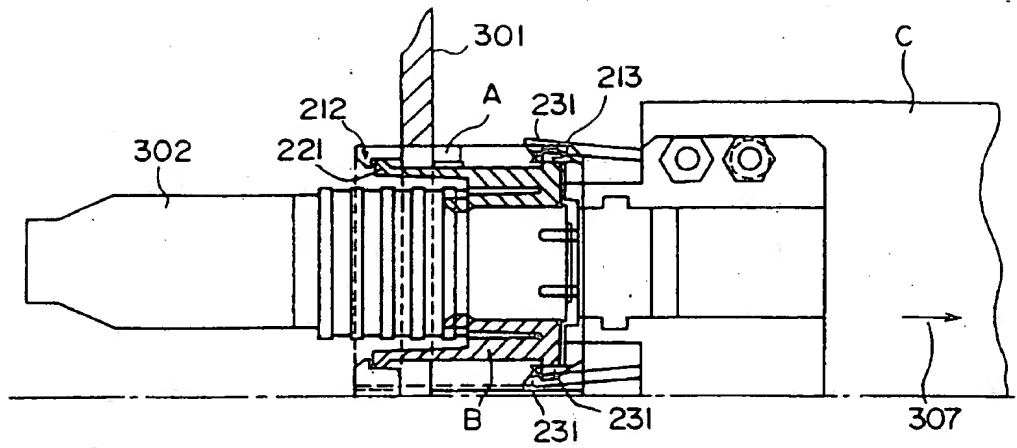


图68

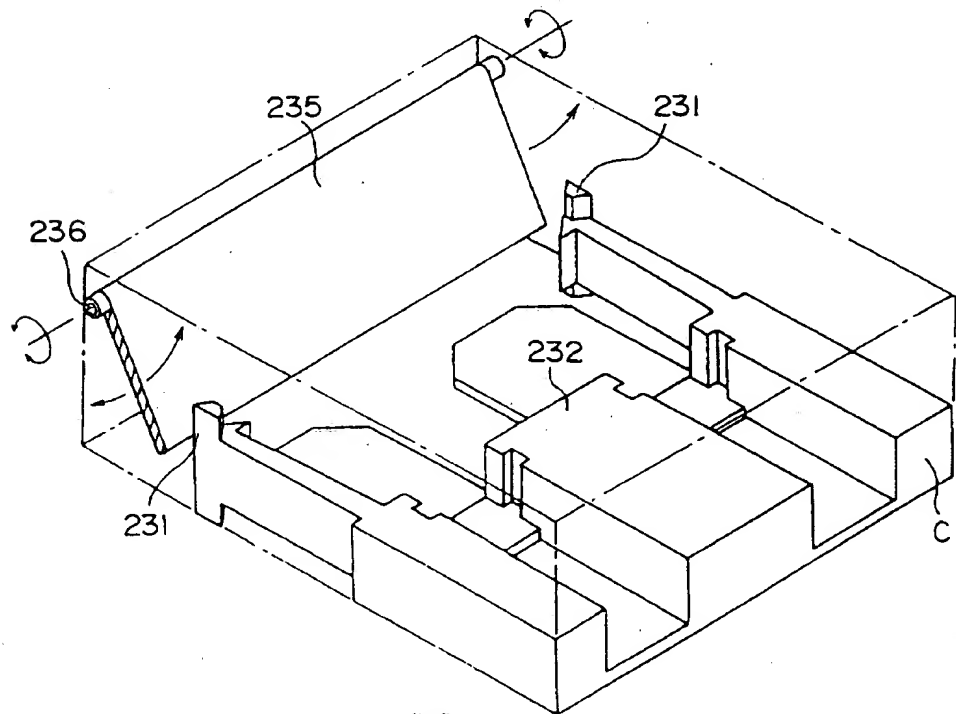




图70A

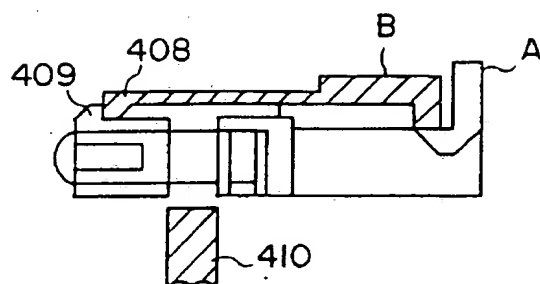


图70B

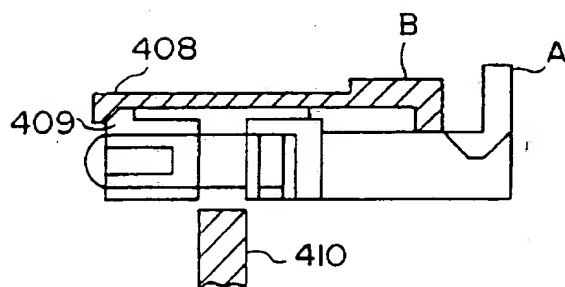


图70C

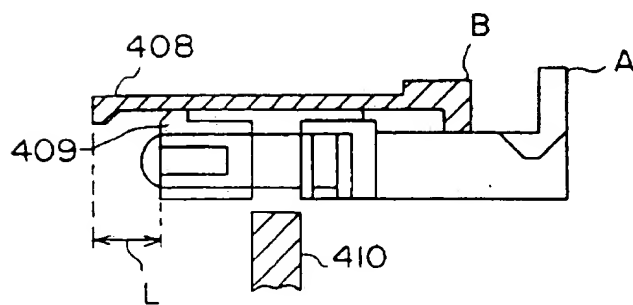




图71

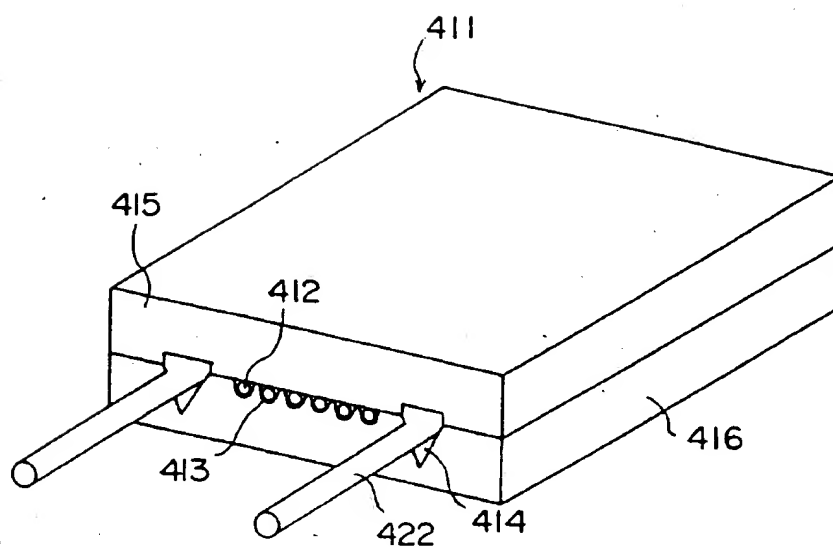


图72

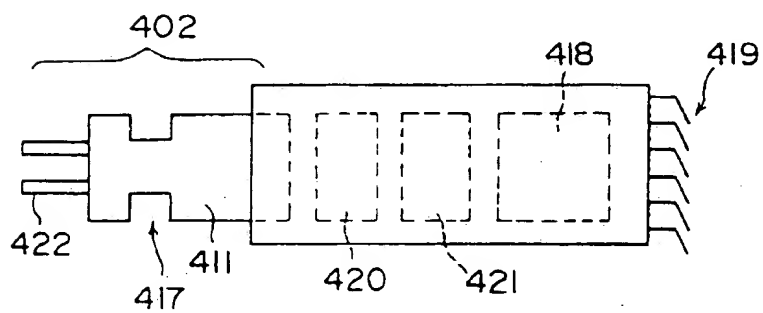


图73

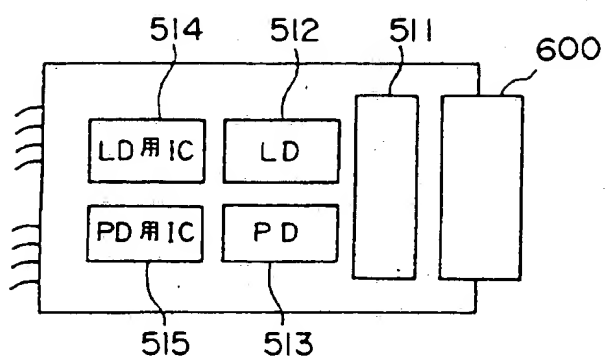


图74

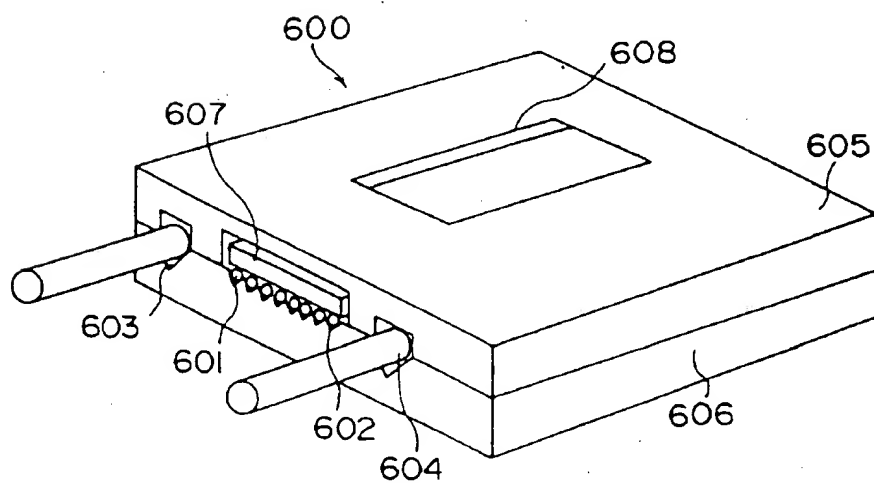


图75

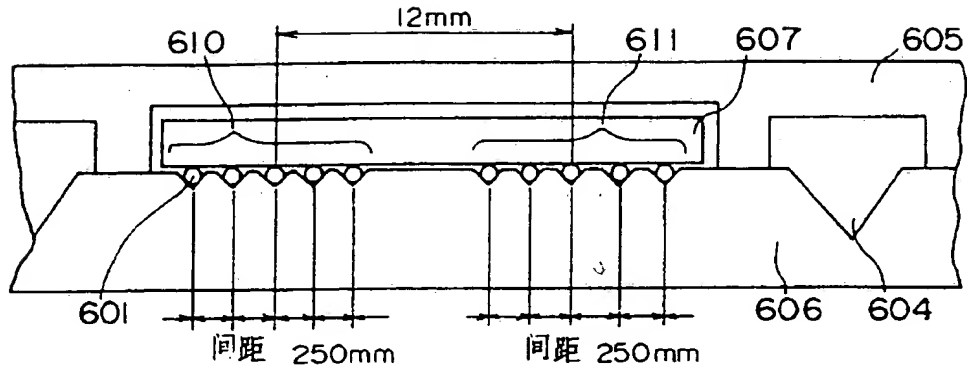


图 76A

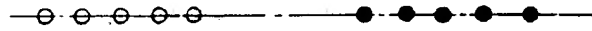


图 76B

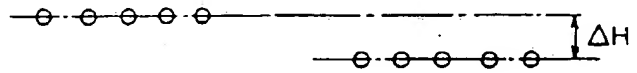


图 76C

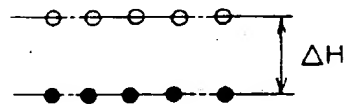


图 76D

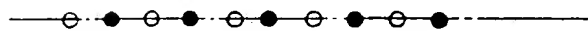


图77

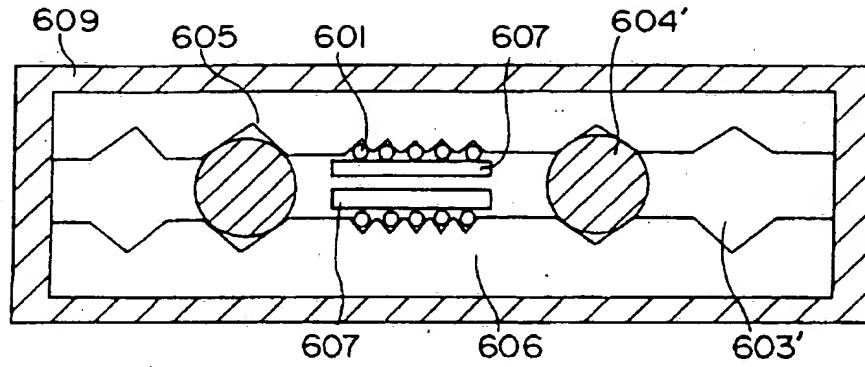


图 78A

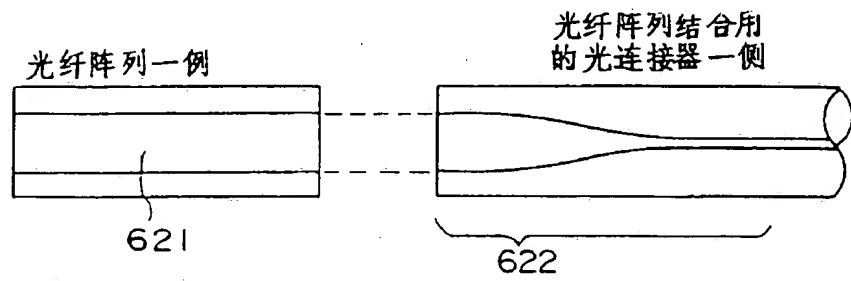


图 78B

